

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA
DEL LITORAL**

**FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES Y
MATEMÁTICAS**

DEPARTAMENTO DE FÍSICA

FÍSICA A

TRABAJO Y ENERGÍA

Energía de un sistema

El concepto de energía es uno de los temas más importantes en ciencia e ingeniería

Todo proceso físico que ocurra en el Universo involucra energía y transferencias o transformaciones de energía.

El concepto de energía se aplica a sistemas mecánicos sin recurrir a las leyes de Newton.

Sistemas y entornos

En el modelo de sistema la atención se dirige a una porción pequeña del Universo, y se ignoran detalles del resto del Universo afuera del sistema

Un sistema válido

- puede ser un objeto simple o partícula
- puede ser una colección de objetos o partículas
- puede ser una región de espacio
- puede variar en tamaño y forma (como una bola de goma, que se deforma al golpear una pared)

Trabajo

El trabajo es un método de transferencia de energía

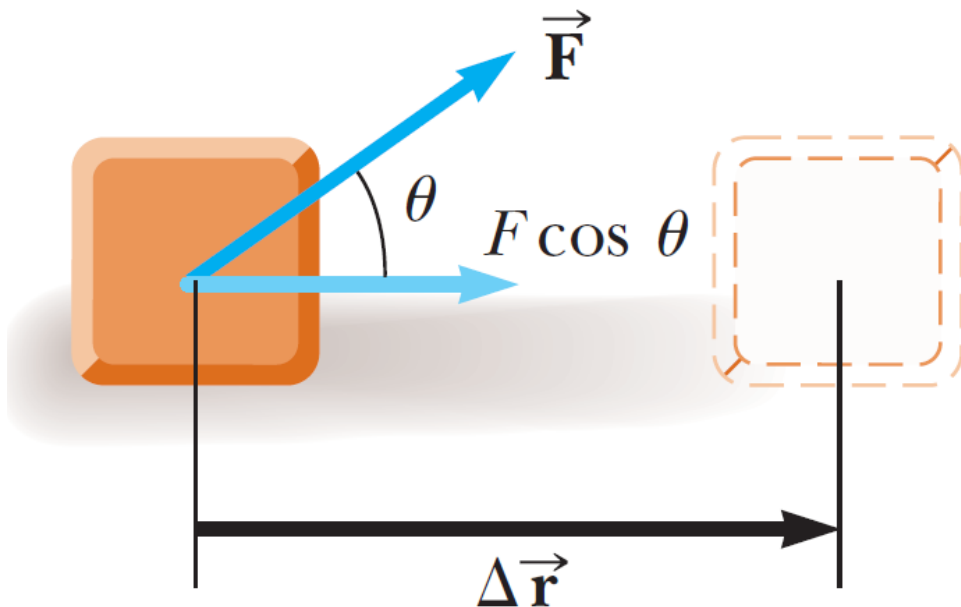
El trabajo es hecho en un objeto por una fuerza, cuando el punto de aplicación de la fuerza se mueve a través de un desplazamiento.

Si W es el trabajo realizado sobre un sistema y W es positivo, la energía se transfiere *al* sistema; si W es negativo, la energía se transfiere *desde* el sistema.

Si no se transfiere la energía, el trabajo realizado es cero.

Trabajo

El trabajo W invertido sobre un sistema por un agente que ejerce una fuerza constante sobre el sistema es el producto de la magnitud F de la fuerza, la magnitud Δr del desplazamiento del punto de aplicación de la fuerza y $\cos \theta$, donde θ es el ángulo entre los vectores fuerza y desplazamiento



$$W = F \bullet \Delta r$$

$$W = F \cos \theta \Delta r$$

Trabajo

La unidad de trabajo en el SI es el joule (que se abrevia J y se pronuncia “yul”, nombrada así en honor del físico inglés del siglo XIX James Prescott Joule)

Las unidades de trabajo son las de fuerza multiplicada por longitud. En consecuencia, la unidad del SI de trabajo es el newton·metro ($\text{N m} = \text{kg m}^2/\text{s}^2$).

Es posible calcular el trabajo realizado por una fuerza sobre un objeto, pero dicha fuerza no necesariamente es la causa del desplazamiento del objeto.

Trabajo

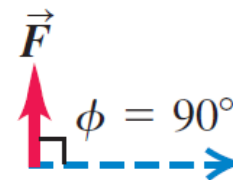
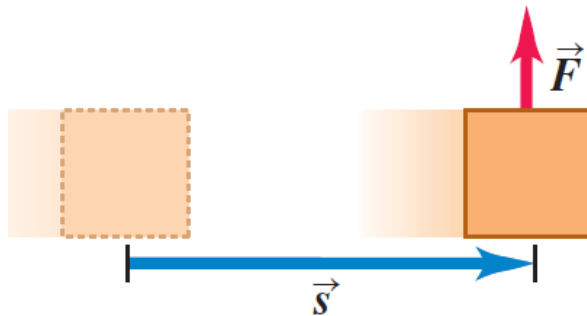
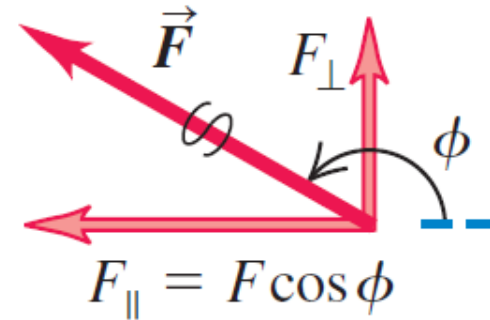
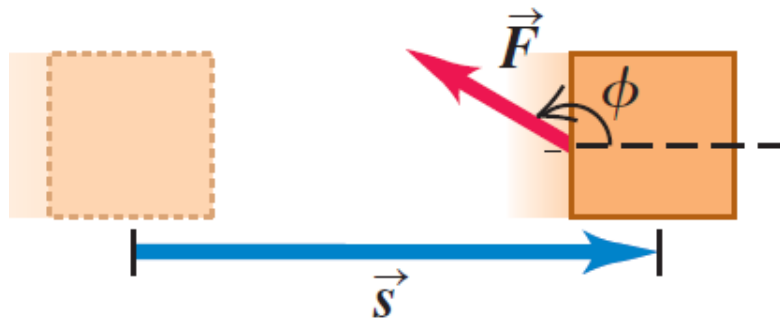
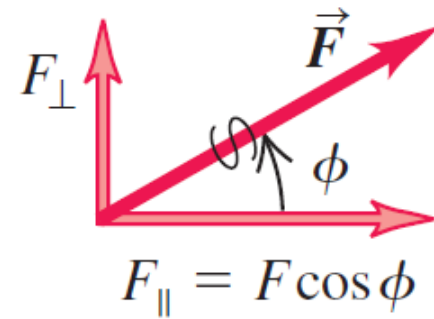
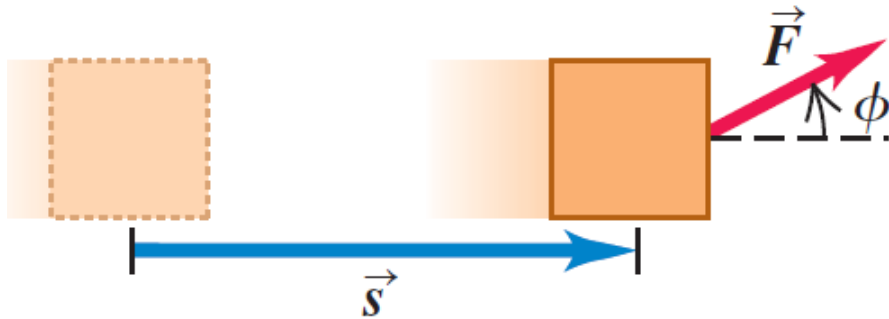
El trabajo es una cantidad escalar, aunque se calcule usando dos cantidades vectoriales (fuerza y desplazamiento).

Siempre hablamos de trabajo realizado sobre un cuerpo específico por una fuerza determinada.

Nunca olvide especificar exactamente qué fuerza realiza el trabajo en cuestión.

Trabajo

$$W = F \cos \phi s$$



Trabajo

Trabajo total

¿Cómo calculamos el trabajo cuando varias fuerzas actúan sobre un cuerpo?

Podemos usar la ecuación para calcular el trabajo realizado por cada fuerza individual. Puesto que el trabajo es una cantidad escalar, el trabajo total W_{tot} realizado por todas las fuerzas sobre el cuerpo es *la suma algebraica* de los trabajos realizados por las fuerzas individuales.

Otra forma de calcular W_{tot} es calcular la suma vectorial de las fuerzas y usarla en vez de $\mathbf{F}$ en la ecuación.

Ejercicio

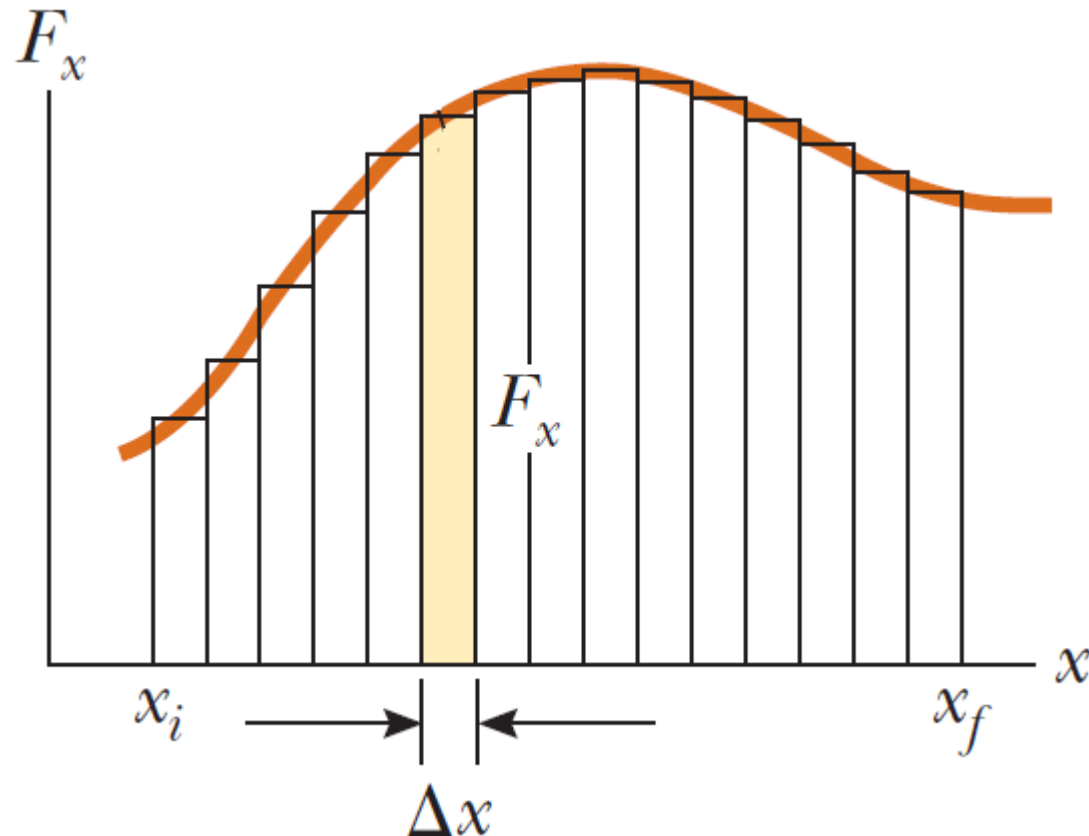
Trabajo consumido por una fuerza constante

Una partícula móvil en el plano xy se somete a un desplazamiento conocido por $\Delta \mathbf{r} = (2.0\mathbf{i} + 3.0\mathbf{j})$ m cuando una fuerza constante $\mathbf{F} = (5.0\mathbf{i} + 2.0\mathbf{j})$ N actúa sobre la partícula.

- a) Calcule las magnitudes de la fuerza y el desplazamiento de la partícula.
- b) Calcule el trabajo consumido por $\mathbf{F}$ en la partícula.

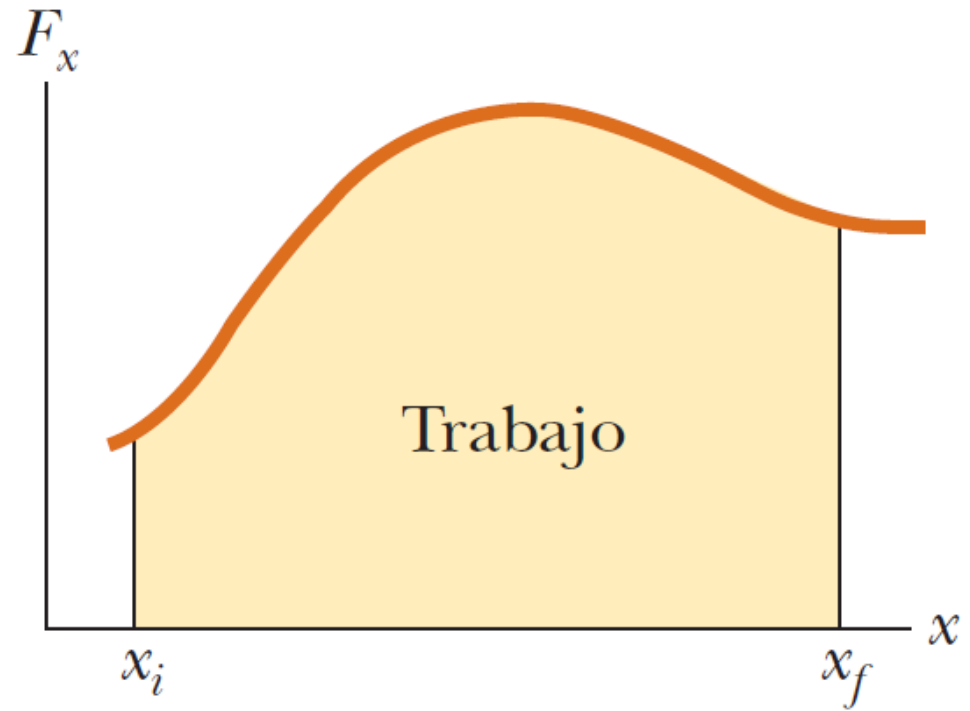
Trabajo

Trabajo consumido por una fuerza variable



Trabajo

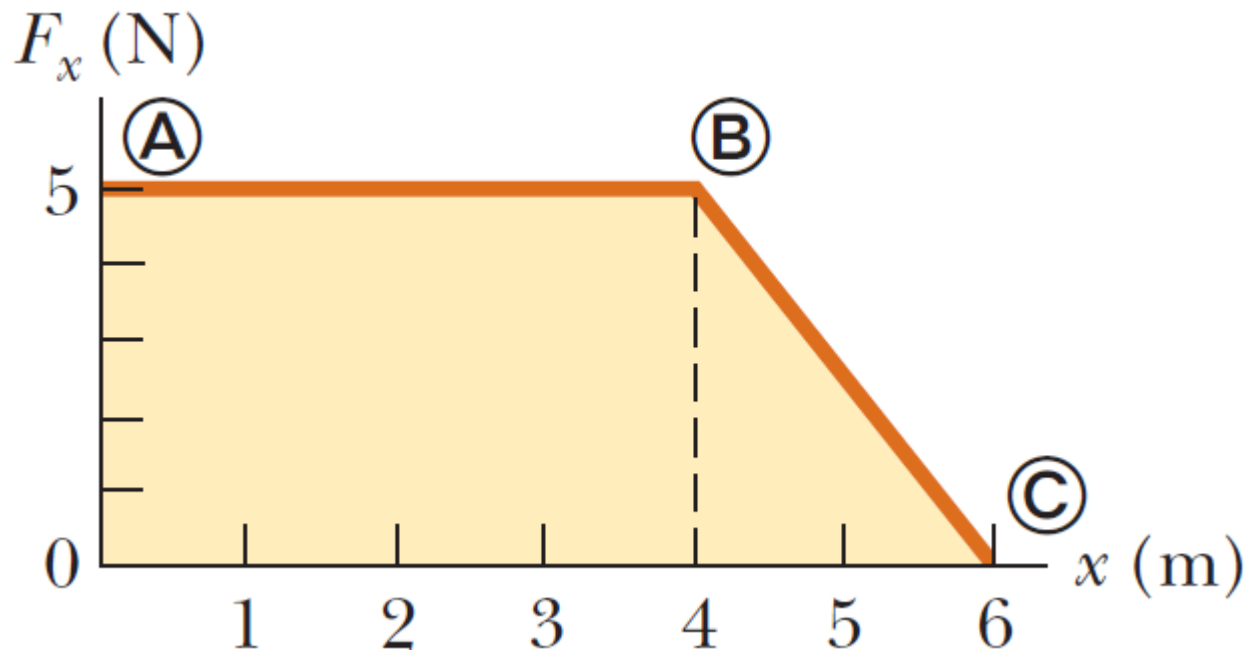
El trabajo invertido por F_x en la partícula, conforme se traslada de x_i a x_f se puede expresar como



$$W = \int_{x_i}^{x_f} F_x dx$$

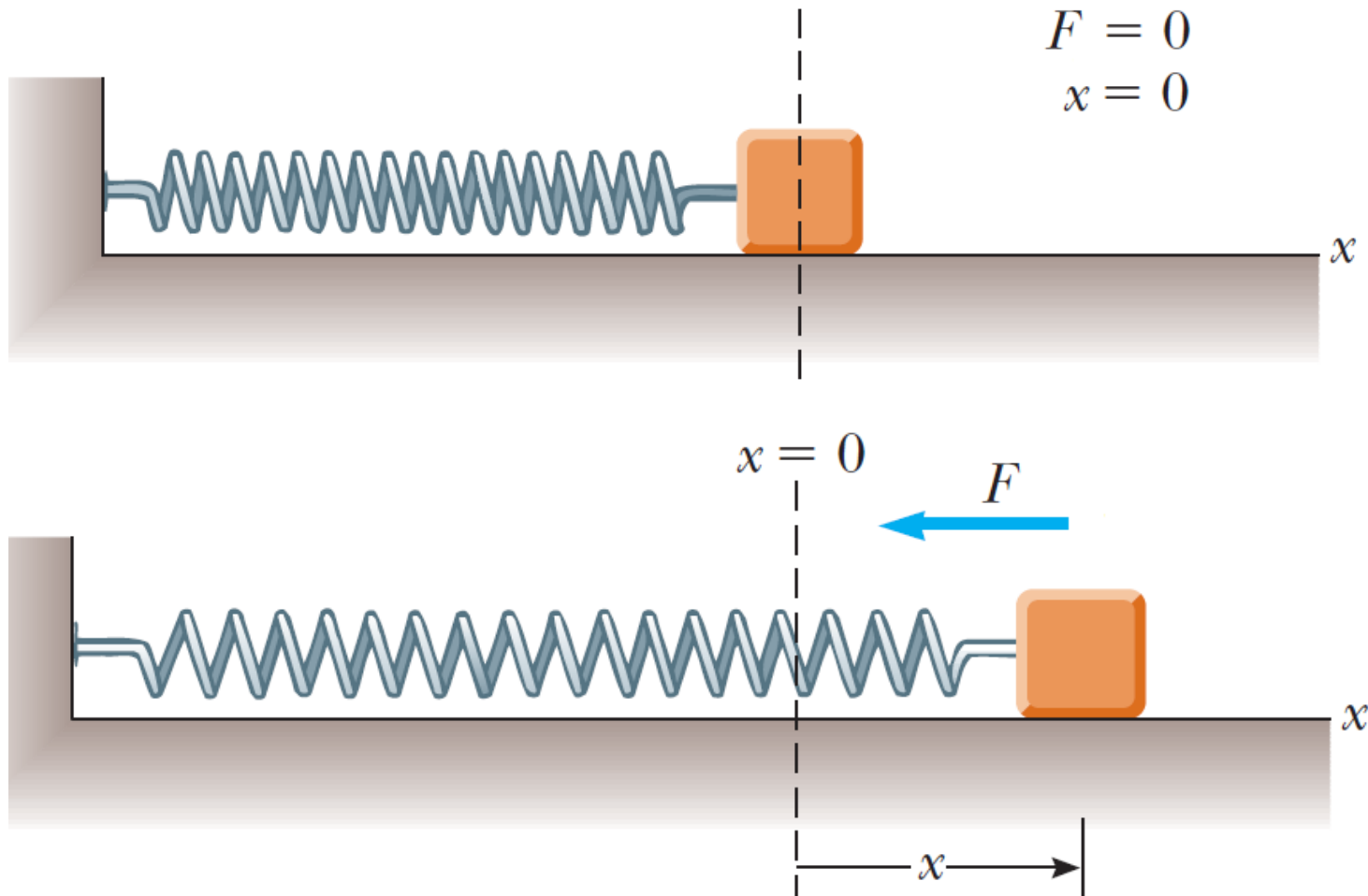
Ejercicio

Una fuerza que actúa sobre una partícula varía con x como se muestra en la figura. Calcule el trabajo consumido por la fuerza en la partícula conforme se traslada de $x = 0$ a $x = 6.0$ m.

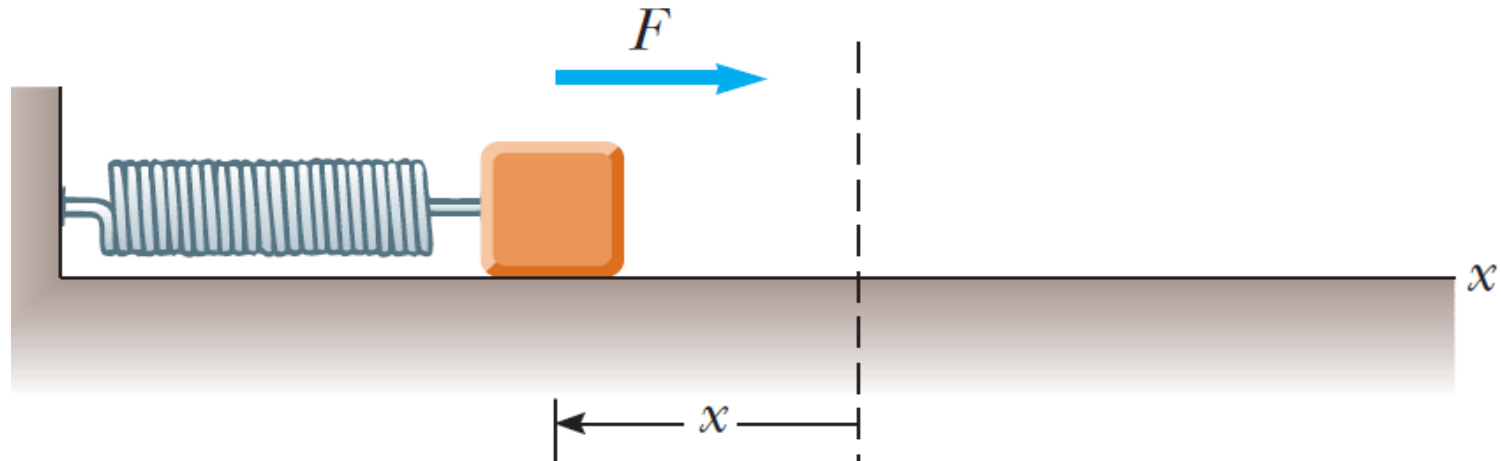


Trabajo Trabajo consumido en un resorte

La fuerza en un resorte se puede escribir como $F = -k x$



Trabajo



La fuerza que se requiere para estirar o comprimir un resorte es proporcional a la cantidad de estiramiento o compresión x . Esta ley de fuerza para resortes se conoce como ***ley de Hooke***. El valor de **k** es una medida de la rigidez del resorte.

$$F = - k x$$

Trabajo

Si el bloque se somete a un desplazamiento arbitrario desde $x = x_i$ hasta $x = x_f$, el trabajo invertido por la fuerza del resorte en el bloque es

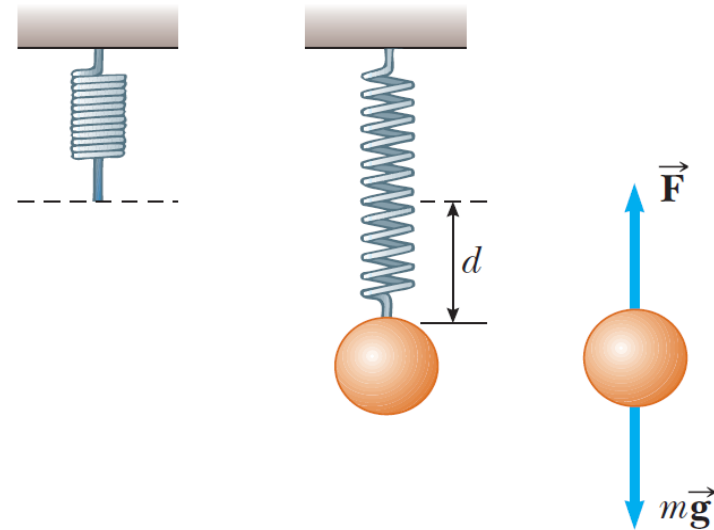
$$W = \int_{x_i}^{x_f} F_x dx = \int_{x_i}^{x_f} (-kx) dx$$

$$W = \frac{1}{2} k x_i^2 - \frac{1}{2} k x_f^2$$

Ejercicio

Un resorte cuelga verticalmente y un objeto de masa m se une a su extremo inferior. Bajo la acción de la “carga” mg , el resorte se estira una distancia d desde su posición de equilibrio.

- Si un resorte se estira 2.0 cm por un objeto suspendido que tiene una masa de 0.55 kg, ¿cuál es la constante de fuerza del resorte?
- ¿Cuánto trabajo invierte el resorte sobre el objeto conforme se estira esta distancia?



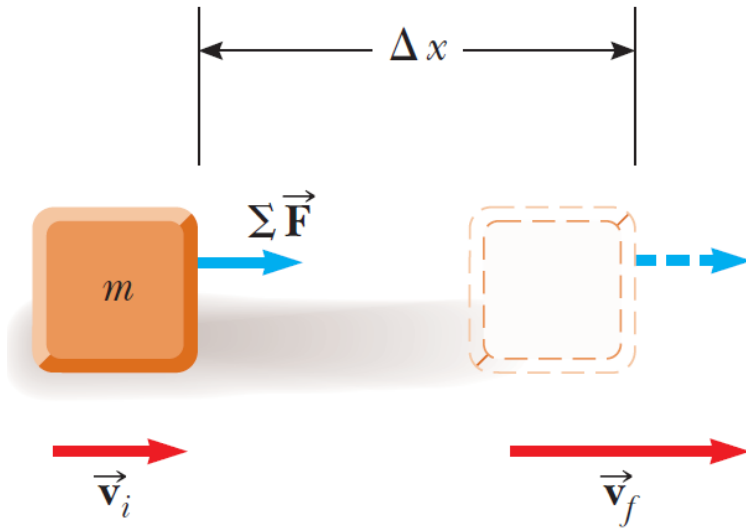
Energía cinética y el teorema trabajo-energía

El trabajo total realizado por fuerzas externas sobre un cuerpo se relaciona con el desplazamiento de éste, pero también está relacionado con los cambios en la rapidez del cuerpo.

Energía cinética y el teorema trabajo-energía

El trabajo neto realizado sobre el bloque por la fuerza neta $\Sigma \vec{F}$ es

$$W_N = \int_{x_i}^{x_f} \sum F dx$$



Como $\sum F = ma$

$$W_N = \int_{x_i}^{x_f} madx = \int_{x_i}^{x_f} m \frac{dv}{dt} dx$$

$$W_N = \int_{x_i}^{x_f} madx = \int_{x_i}^{x_f} m \frac{dv}{dt} dx = \int_{x_i}^{x_f} m \frac{dv}{dx} \frac{dx}{dt} dx = \int_{v_i}^{v_f} mv dv$$

Energía cinética y el teorema trabajo-energía

$$W_N = \frac{1}{2}mv_f^2 - \frac{1}{2}mv_i^2$$

La cantidad $\frac{1}{2}mv^2$ representa la energía asociada con el movimiento de la partícula.

Esta cantidad es tan importante que se le ha dado un nombre especial, ***energía cinética***

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

La ecuación se generó por la situación específica de movimiento unidimensional, pero es un resultado general.

Energía cinética y el teorema trabajo-energía

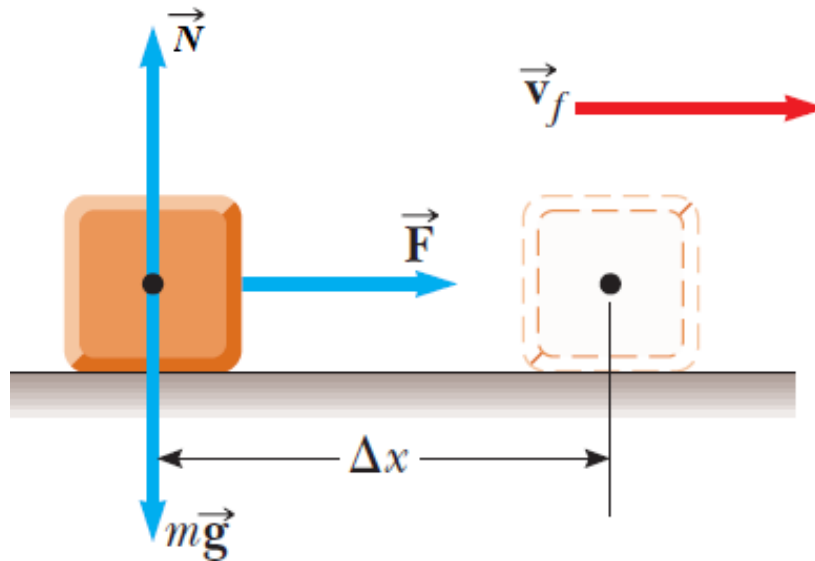
Para acelerar una partícula de masa m desde el reposo (cero energía cinética) hasta una rapidez v , el trabajo total efectuado sobre ella debe ser igual al cambio de energía cinética desde 0 hasta

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

La energía cinética de una partícula es igual al trabajo total que se efectuó para acelerarla desde el reposo hasta su rapidez actual

Ejercicio

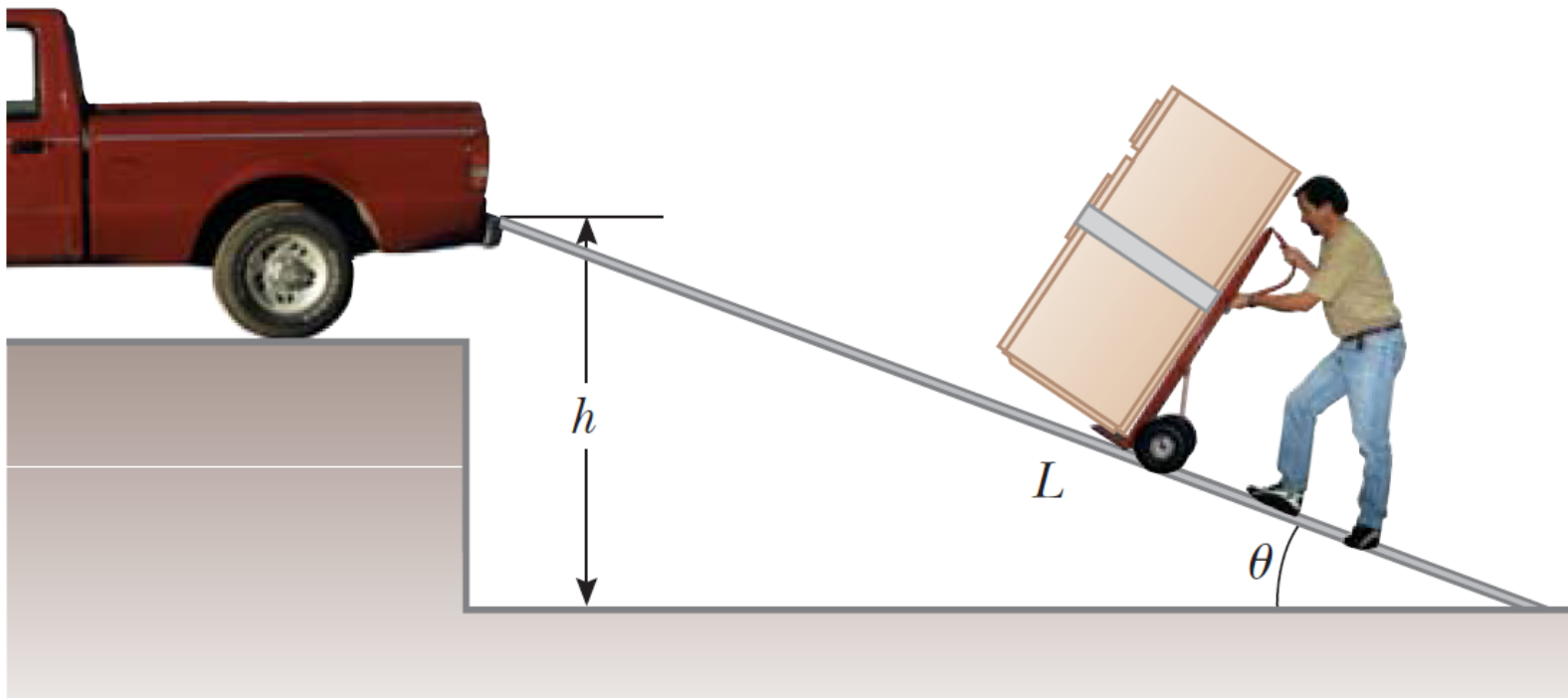
Un bloque de 6.0 kg, inicialmente en reposo, se jala hacia la derecha, a lo largo de una superficie horizontal sin fricción, mediante una fuerza horizontal constante de 12 N. Encuentre la rapidez del bloque después de que se ha movido 3.0 m.



Ejercicio

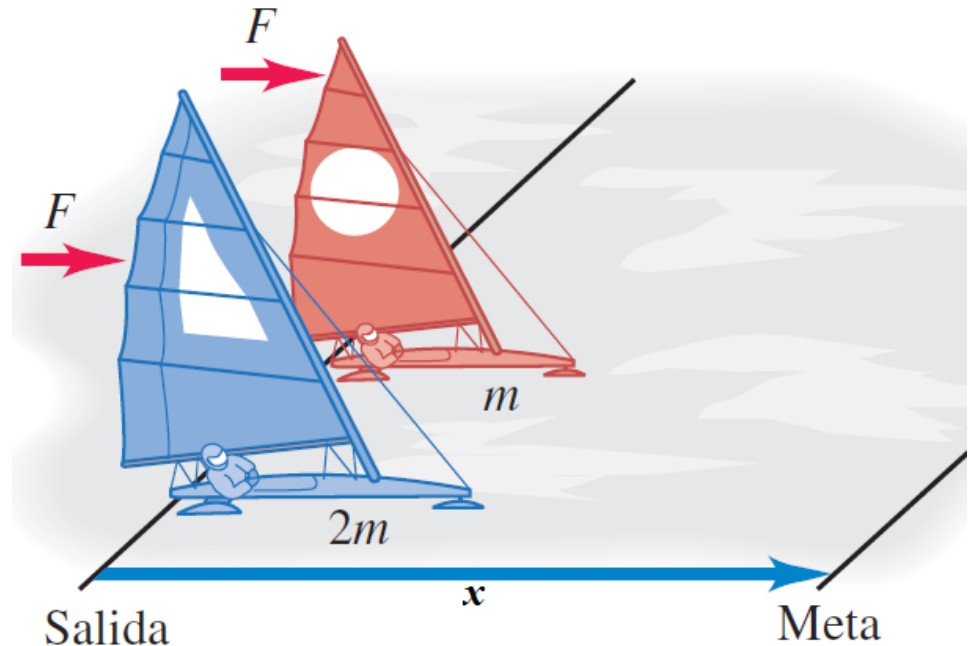
Un hombre quiere cargar un refrigerador en una camioneta con el uso de una rampa a un ángulo θ . Él afirma que se debe requerir menos trabajo para cargar la camioneta si la longitud L de la rampa aumenta.

¿Esta afirmación es válida?



Ejercicio

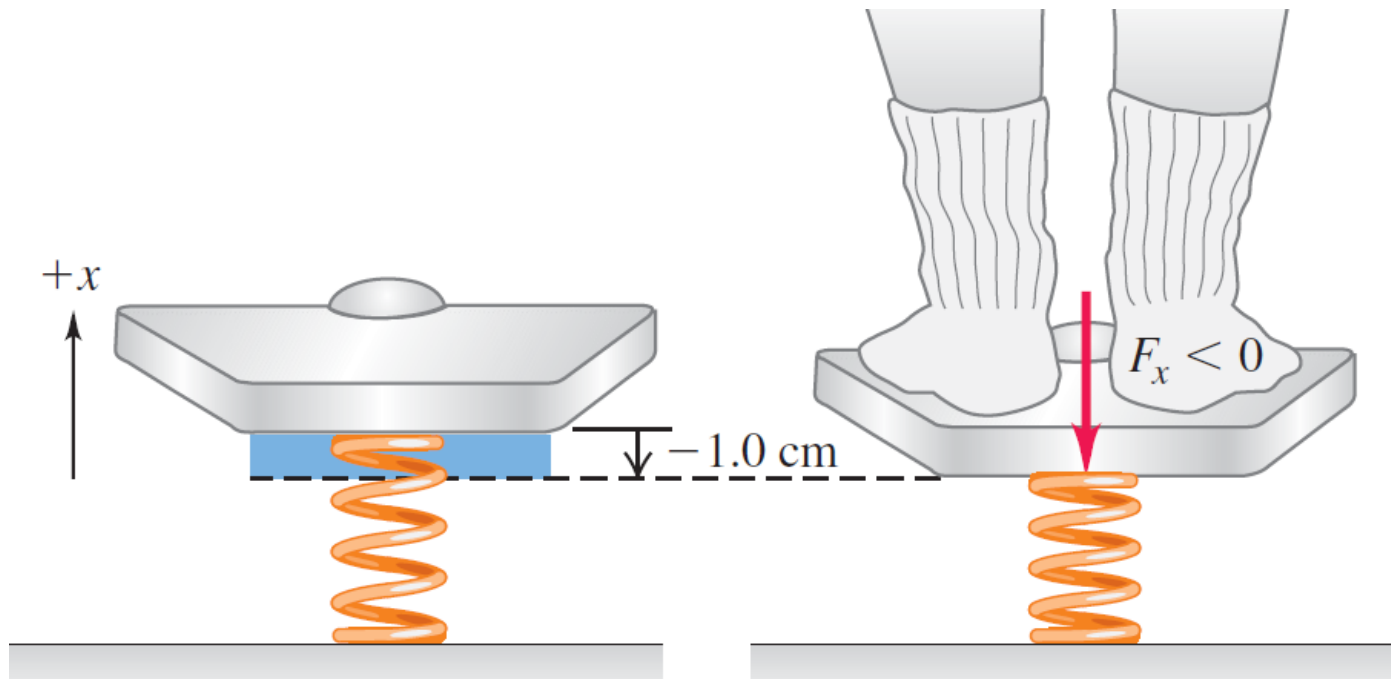
Dos veleros para hielo compiten en un lago horizontal sin fricción. Los veleros tienen masas m y $2m$, respectivamente; pero sus velas son idénticas, así que el viento ejerce la misma fuerza constante sobre cada velero. Los 2 veleros parten del reposo y la meta está a una distancia s . ¿Cuál velero cruza la meta con mayor energía cinética?



Ejercicio

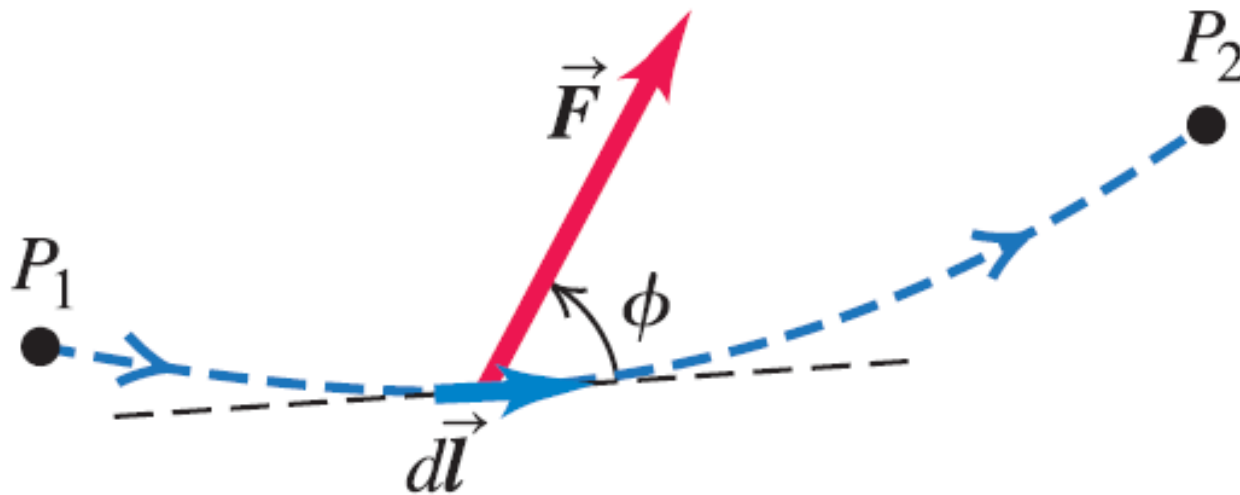
Una mujer que pesa 600 N se sube a una báscula que contiene un resorte rígido. En equilibrio, el resorte se comprime 1.0 cm bajo su peso.

Calcule la constante de fuerza del resorte y el trabajo total efectuado sobre él durante la compresión.



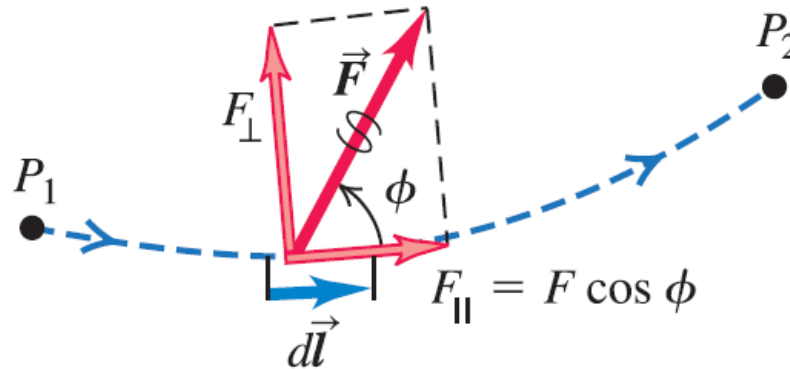
Teorema trabajo-energía para movimientos en una curva

Si una partícula se mueve de P_1 a P_2 siguiendo una curva



$$dW = F \cos \phi dl = F \cdot dl$$

Teorema trabajo-energía para movimientos en una curva

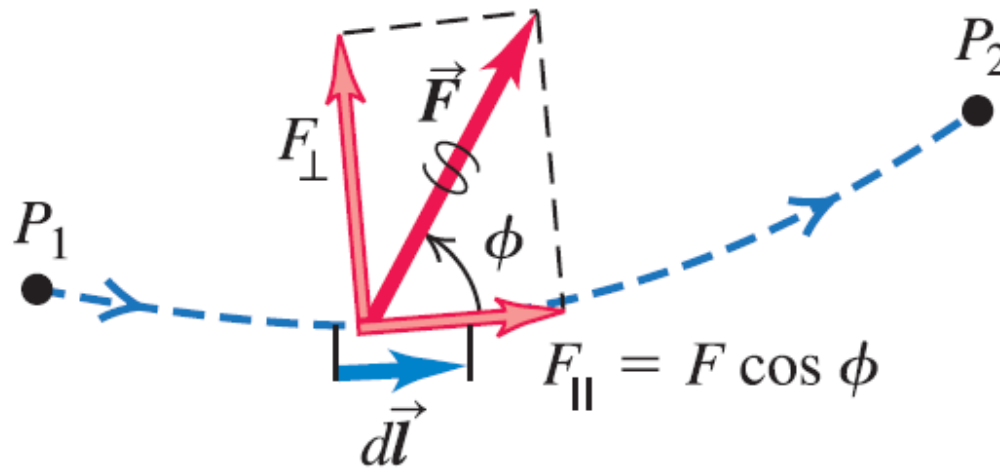


Trabajo en una trayectoria curva

$$W = \int_{P_1}^{P_2} F \cos \phi dl = \int_{P_1}^{P_2} \vec{F} \cdot d\vec{l}$$

Teorema trabajo-energía para movimientos en una curva

La suma de estos trabajos infinitesimales de todos los segmentos de la trayectoria nos da el trabajo total realizado, que es igual al cambio total de energía cinética en toda la trayectoria.



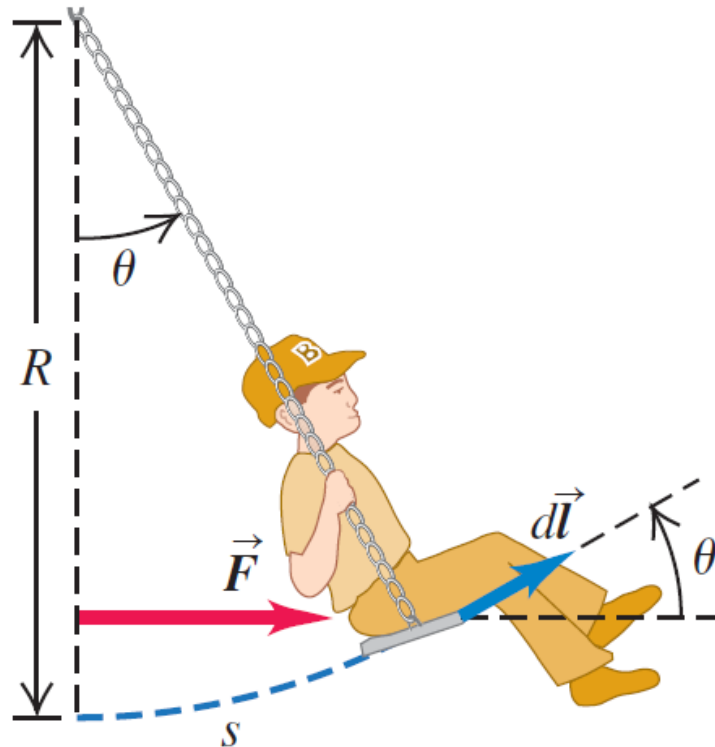
Teorema trabajo-energía para movimientos en una curva

Sólo la componente de la fuerza neta paralela a la trayectoria, realiza trabajo sobre la partícula, así que sólo dicha componente puede cambiar la rapidez y la energía cinética de la partícula

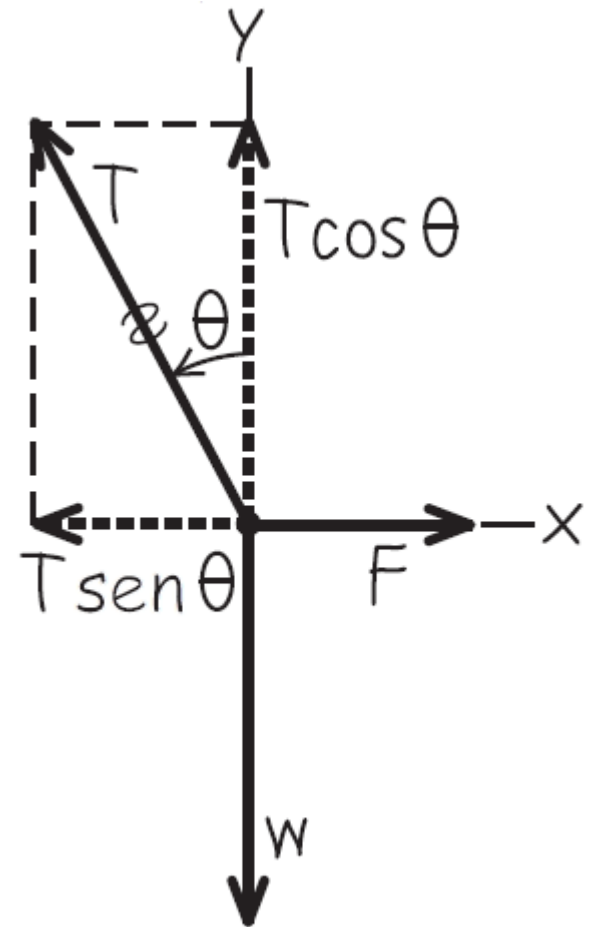
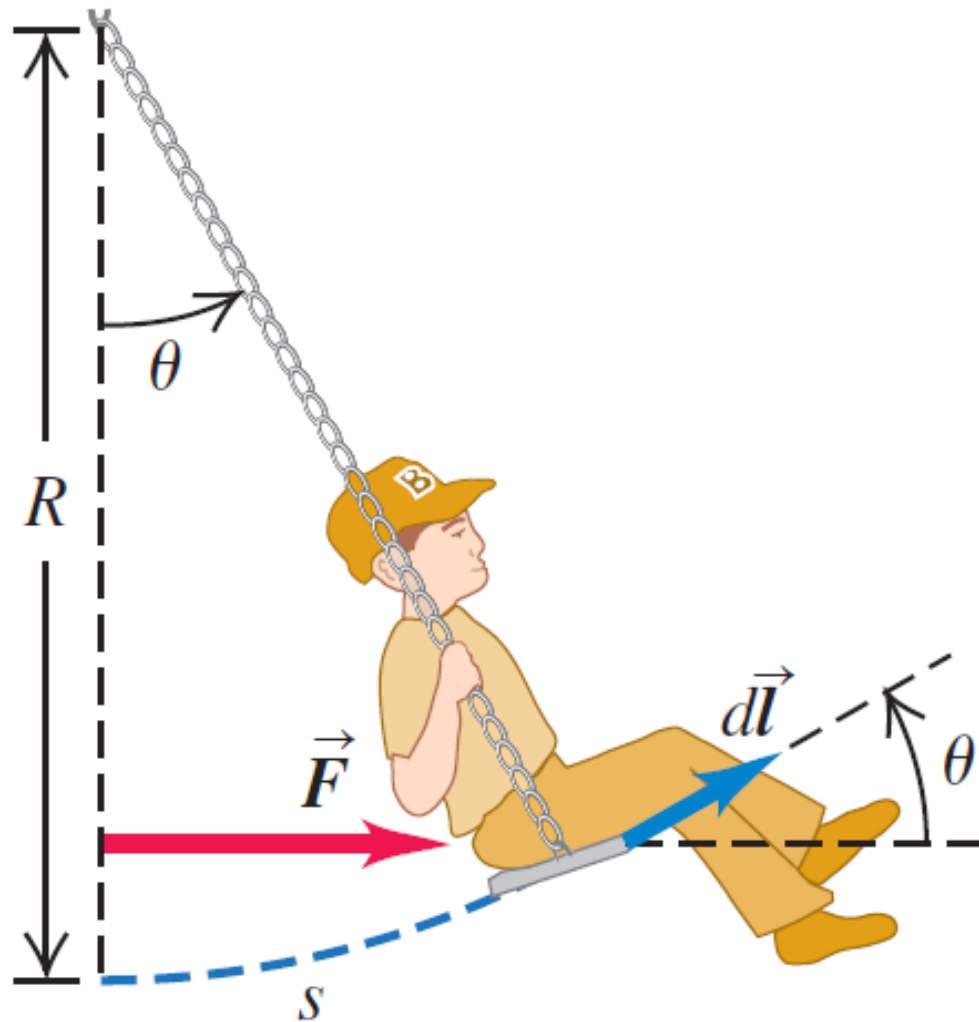
$W_{\text{tot}} = \Delta K = K_2 - K_1$ se cumple en general, sea cual fuere la trayectoria y el carácter de las fuerzas.

Ejercicio

El peso de Juan es w , la longitud de las cadenas es R , y usted lo empuja hasta que las cadenas forman un ángulo θ_0 con la vertical. Para ello, usted ejerce una fuerza horizontal variable que comienza en cero y aumenta gradualmente apenas lo suficiente para que Juan y el columpio se muevan lentamente y permanezcan casi en equilibrio.



Ejercicio



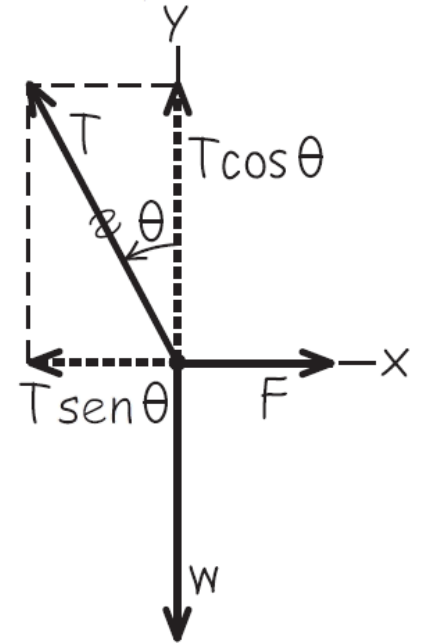
Ejercicio

a) ¿Qué trabajo total realizan todas las fuerzas sobre Juan?

Trabajo total es cero

b) ¿Qué trabajo realiza la tensión T en las cadenas?

Trabajo de la cadena es cero



Ejercicio

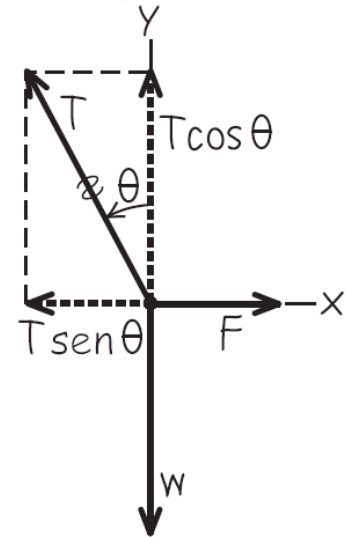
c) ¿Qué trabajo efectúa usted aplicando la fuerza

$$\sum F_x = 0 \text{ y } \sum F_y = 0$$

$$\sum F_x = F + (-T \sin \theta) = 0$$

$$\sum F_y = T \cos \theta + (-w) = 0$$

$$F = w \tan \theta$$



Ejercicio

$$F = w \tan \theta$$

El columpio describe el arco $s = R\theta$.

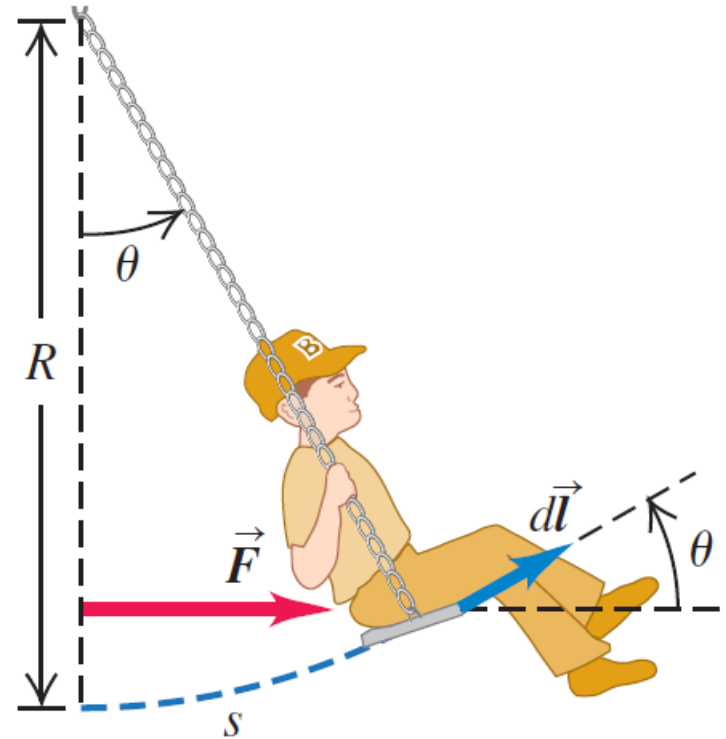
$$dl = ds = R d\theta.$$

El trabajo efectuado por F es

$$W = \int F \cdot dl = \int F \cos \theta ds$$

$$W = \int_0^{\theta_0} (w \tan \theta) \cos \theta (R d\theta) = wR \int_0^{\theta_0} \sin \theta d\theta$$

$$W = wR(1 - \cos \theta)$$



Potencia

Si se realiza un trabajo ΔW en un intervalo Δt , el trabajo medio efectuado por unidad de tiempo o potencia media P_{med} se define como

$$P_{med} = \frac{\Delta W}{\Delta t}$$

Podemos definir la potencia instantánea P

$$P = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta W}{\Delta t} = \frac{dW}{dt}$$

En el SI la unidad de potencia es el watt (W)

Potencia

Un watt es igual a un joule por segundo: $1 \text{ W} = 1 \text{ J/s}$.
También son de uso común el kilowatt ($1 \text{ kW} = 10^3 \text{ W}$)
y el megawatt ($1 \text{ MW} = 10^6 \text{ W}$).

$$1 \text{ hp} = 746 \text{ W} = 0.746 \text{ kW}$$

El *kilowatt-hora* es la unidad comercial usual de energía eléctrica. Un kilowatt-hora es el trabajo total realizado en 1 hora (3600 s) cuando la potencia es 1 kilowatt.

El kilowatt-hora es una unidad de trabajo o energía, no de potencia

Ejercicio

Una maratonista de 50.0 kg sube corriendo las escaleras de la Torre Sears de Chicago de 443 m de altura, el edificio más alto de Estados Unidos. ¿Qué potencia media en watts desarrolla si llega a la azotea en 15.0 minutos? ¿En kilowatts? ¿Y en caballos de potencia?

$$W = mgh = (50.0\text{kg})(9.80\frac{\text{m}}{\text{s}^2})(443\text{ m})$$

$$W = 2.17 \cdot 10^5 \text{ J}$$

Ejercicio

¿Qué potencia media en watts desarrolla si llega a la azotea en 15.0 minutos? ¿En kilowatts?

$$P_{med} = \frac{\Delta W}{\Delta t}$$

$$P_{med} = 0.241 \text{ kW}$$

¿En caballos de potencia?

$$P_{med} = 0.323 \text{ hp}$$