ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES Y MATEMÁTICAS

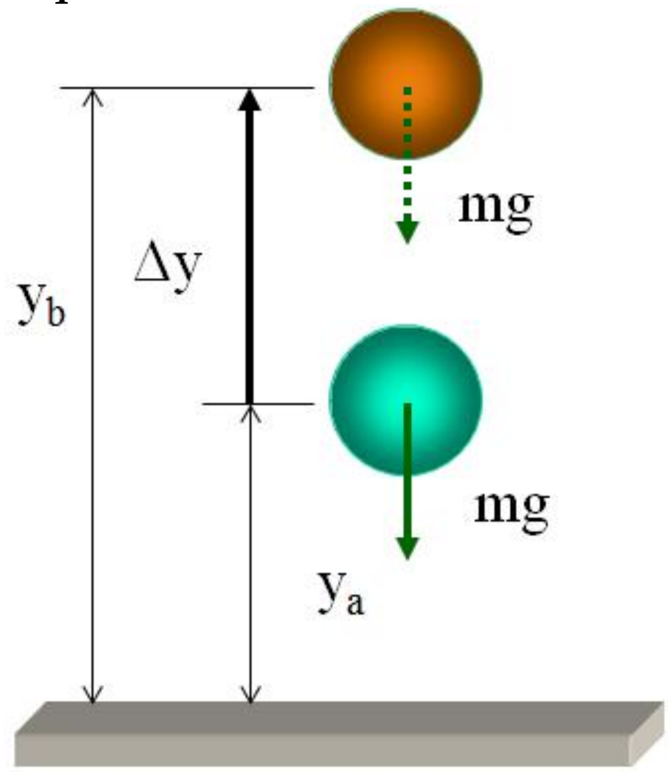
DEPARTAMENTO DE FÍSICA

FÍSICA A

ENERGÍA POTENCIAL Y CONSERVACIÓN DE LA ENERGÍA

Energía potencial gravitacional

Consideraremos *sistemas* de dos o mas partículas que interactúan entre sí, a través de una fuerza que es interna. Por ejemplo un sistema: Tierra- pelota que interactúan a través de la fuerza gravitatoria.



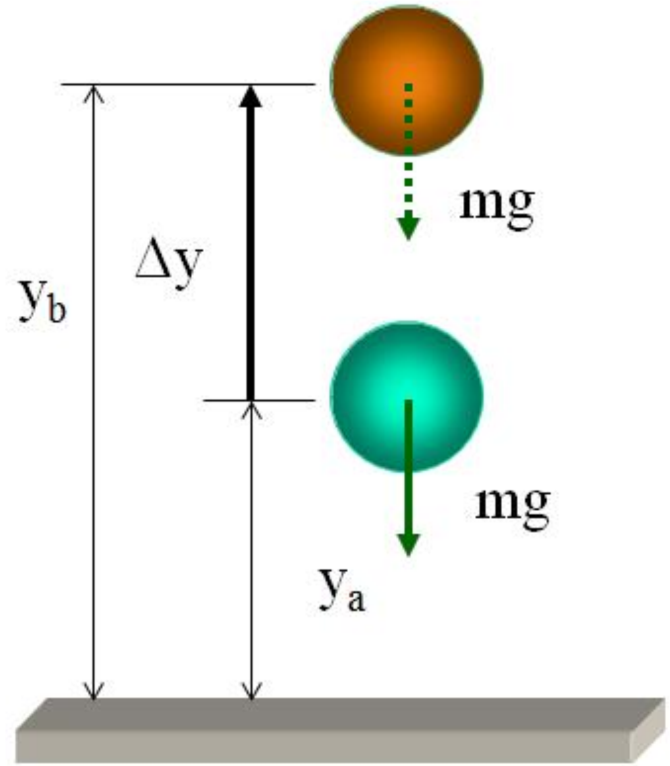
El trabajo realizado por el agente externo es:

$$W = F \cdot \Delta y = w(y_a - y_b)$$

$$\boldsymbol{W = w y_{\mathrm{b}} - w y_{\mathrm{a}}}$$

El trabajo realizado por el peso es positivo porque la dirección del movimiento es la misma que la del peso.

Energía potencial gravitacional



Cuando el cuerpo sube el trabajo realizado es negativo porque el peso y el desplazamiento tienen direcciones opuestas.

Energía potencial gravitacional

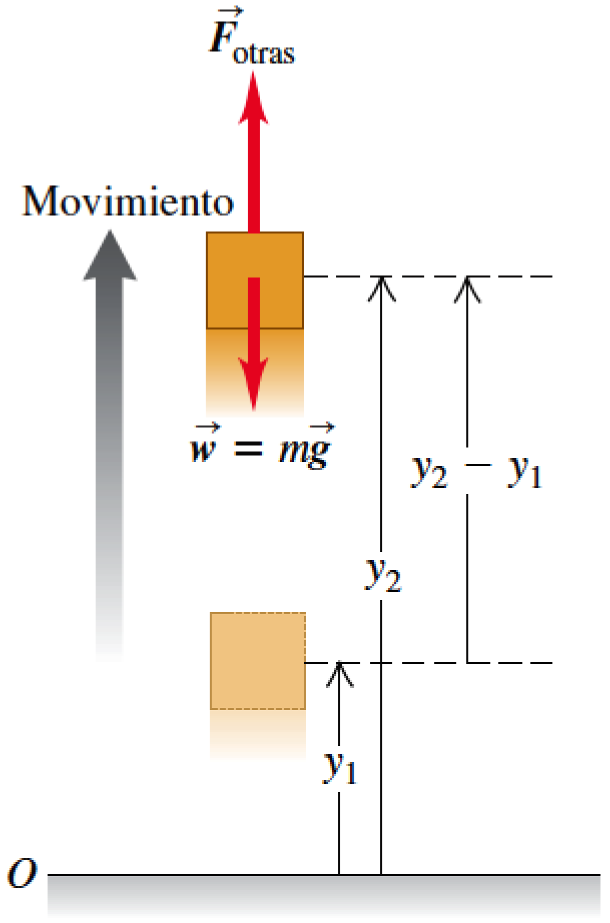
En la ecuación $\boldsymbol{W}=\boldsymbol{wy}_{\mathbf{b}}-\boldsymbol{wy}_{\mathbf{a}}$, el trabajo representa también una transformación de energía al sistema, en este caso en energía potencial gravitatoria.

La expresión $\boldsymbol{m\ g\ y}$ se denomina **energía potencial gravitacional.**

$$\boldsymbol{U_{grav} = mgy}$$

La energía potencial, así como el trabajo y la energía cinética son expresiones escalares y se miden en joules.

Energía potencial gravitacional



Si $\boldsymbol{U_{grav1} = mgy_1}$ y
$\boldsymbol{U_{grav2} = mgy_2}$

$$\boldsymbol{\Delta U_{grav} = U_{grav2} - U_{grav1}}$$

$$\boldsymbol{W_{grav} = U_{grav1} - U_{grav2}}$$

$$\boxed{\boldsymbol{W_{grav} = -\Delta U_{grav}}}$$

Conservación de la energía mecánica (sólo fuerzas gravitacionales)

El teorema trabajo-energía, indica que el trabajo total efectuado sobre el cuerpo es igual al cambio en su energía cinética

$$\boldsymbol{W_N = \Delta K = K_2 - K_1}$$

Si la gravedad es la única fuerza que actúa, entonces, por la ecuación

$$\boldsymbol{W_N = W_{grav} = -\Delta U_{grav}}$$

Conservación de la energía mecánica
(sólo fuerzas gravitacionales)

$$\Delta K = -\Delta U_{grav}$$

$$K_2 - K_1 = U_1 - U_2$$

$$K_2 + U_2 = K_1 + U_1$$

$$\frac{1}{2} m {v_1}^2 + mgy_1 = \frac{1}{2} m {v_2}^2 + mgy_2$$

Si la gravedad es la única fuerza que realiza trabajo.

Conservación de la energía mecánica (sólo fuerzas gravitacionales)

Ahora definimos la suma $K + U_{grav}$ de las energías cinética y potencial como ***E***, la energía mecánica total del sistema.

E tiene el mismo valor en todos los puntos durante el movimiento

Cuando realizan trabajo otras fuerzas distintas de la gravedad

$$W_N = W_{otras} + W_{grav}$$

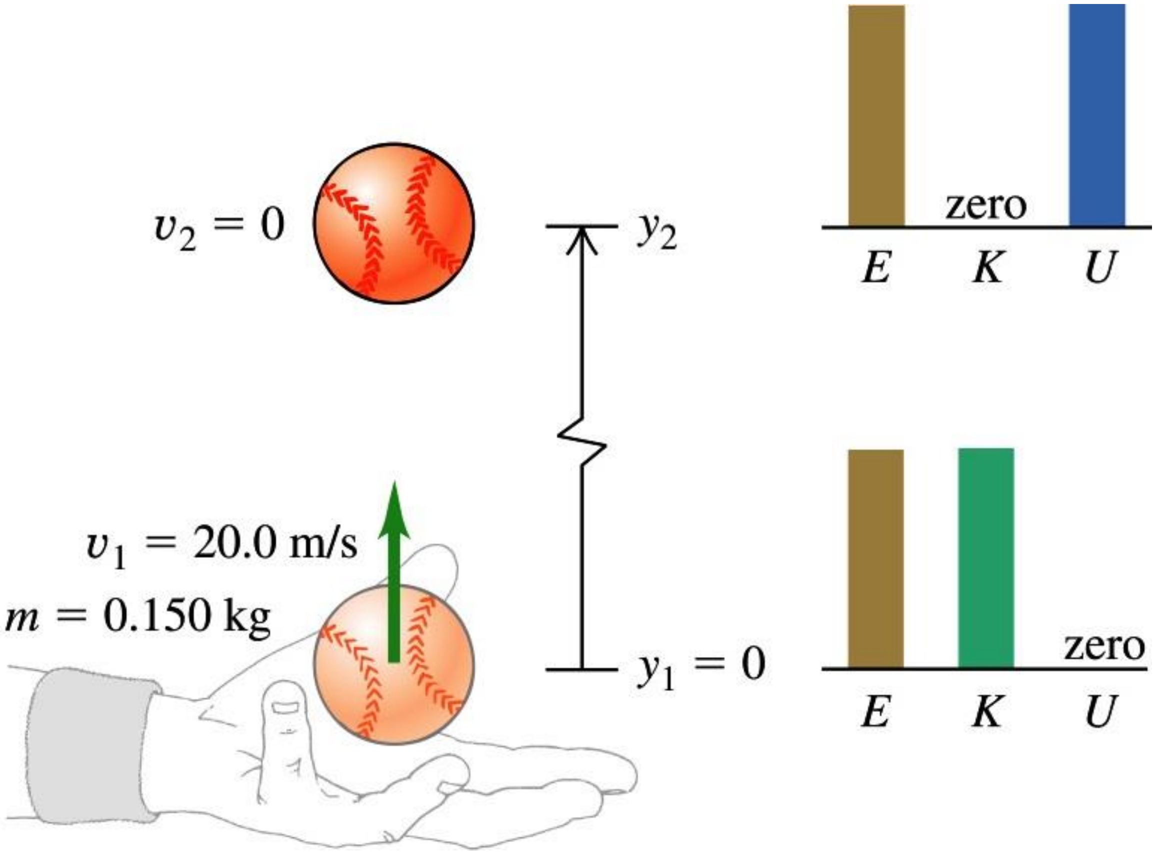
$$W_{otras} + W_{grav} = K_2 - K_1$$

$$\frac{1}{2}m{v_1}^2 + mgy_1 + Wotras = \frac{1}{2}m{v_2}^2 + mgy_2$$

El trabajo realizado por todas las fuerzas distintas de la elástica o la gravitacional es igual al cambio de energía mecánica total $E = K + U$ del sistema, donde $U = U_{grav} + U_{el}$ es la suma de la energía potencial gravitacional y la energía potencial elástica.

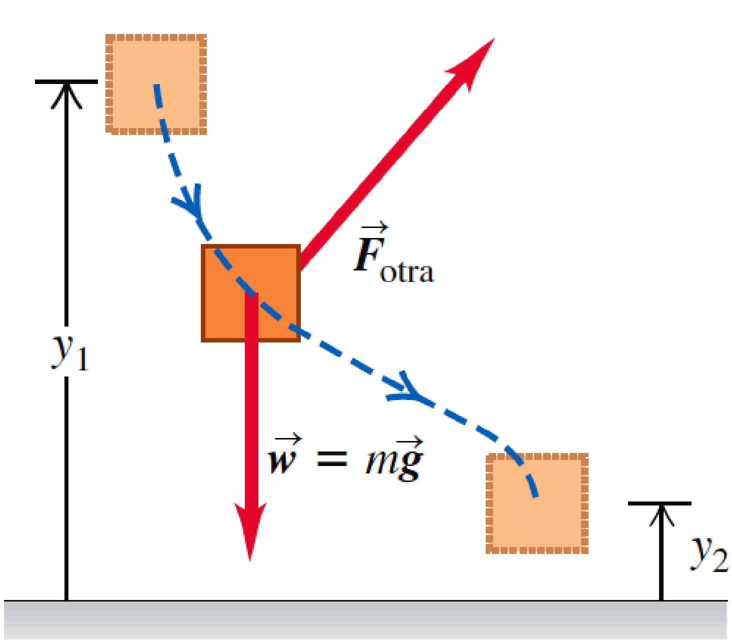
Ejercicio

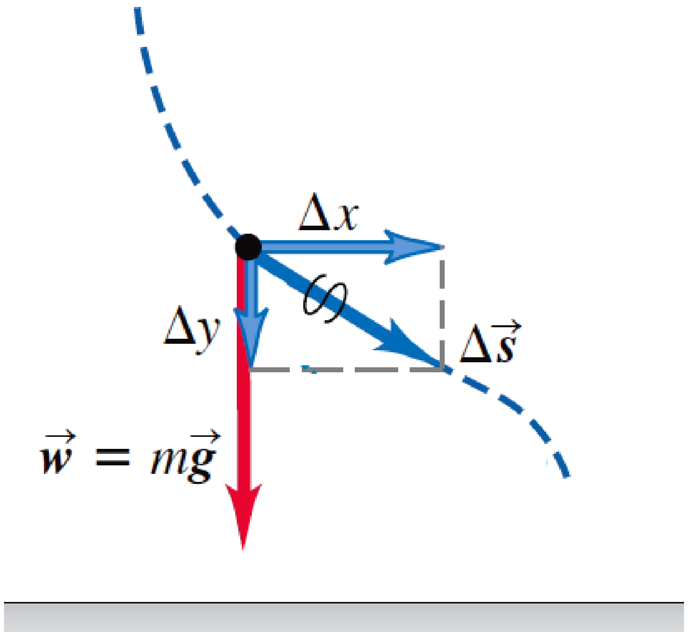
Lanzamos una pelota de beisbol con masa de 0.145kg hacia arriba, dándole una rapidez inicial de 20m/s. Use la conservación de la energía para determinar qué altura alcanza, despreciando la resistencia del aire.



Respuesta.
$y_2 = 20.4m$

Energía potencial gravitacional para movimiento curvo



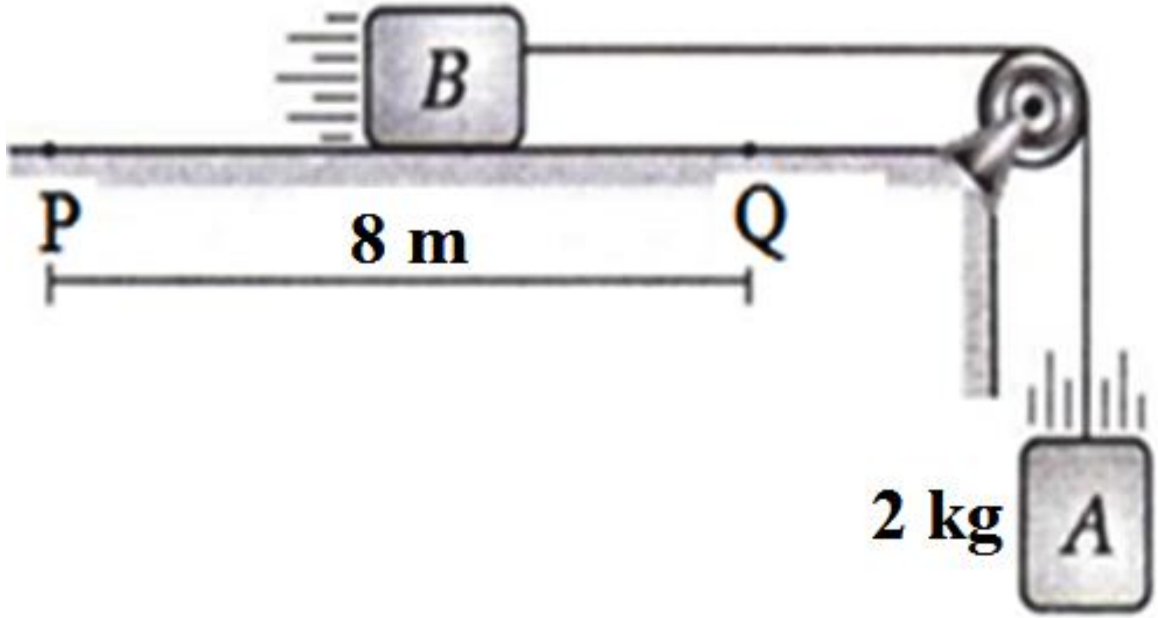


$$W_{grav} = \vec{F} \bullet \Delta\vec{y} = (-mg\hat{j}) \bullet (y_2 - y_1)\,\hat{j} = mgy_1 - mgy_2$$

$$W_{grav} = U_1 - U_2 = -\Delta U$$

Podemos usar la misma expresión para la energía potencial gravitacional, sea cualquiera la trayectoria del cuerpo, recta o curva

El bloque A desciende con velocidad constante. Determine la cantidad de trabajo realizado mediante la fuerza de rozamiento en el tramo PQ.



R = **-156.8 J**

Un objeto de 3.00 kg tiene una velocidad de (6.00 ***i*** - 2.00***j***) m/s.
a) ¿Cual es su energía cinética en este momento?
b) ¿Cuál es el trabajo neto invertido en el objeto si su velocidad cambia a (8.00 ***i*** + 4.00 ***j***) m/s?

a) 60 J
b) 60 J

Se dispara una bala de 100 g de un rifle que tiene un cañón de 0.600 m de largo. Elija el origen como la ubicación donde la bala comienza a moverse. En tal caso la fuerza en N que ejercen sobre la bala los gases en expansión es $15000 + 10000x - 25000\, x^2$, donde x esta en metros.

a) Determine el trabajo invertido por el gas en la bala conforme la bala recorre la longitud del cañón.

b) ¿Qué pasaría si el cañón mide 1.00 m de largo, ¿cuanto trabajo se consume y como se compara este valor con el trabajo calculado en el inciso a)?

a) 9 kJ
b) 11.7 kJ

Energía potencial elástica

El trabajo que debemos efectuar ***sobre*** el resorte para mover un extremo desde un alargamiento x_1 hasta otro alargamiento distinto x_2 es

$$W = \frac{1}{2}k{x_2}^2 - \frac{1}{2}k{x_1}^2$$

El trabajo efectuado por el resorte al estirarse es

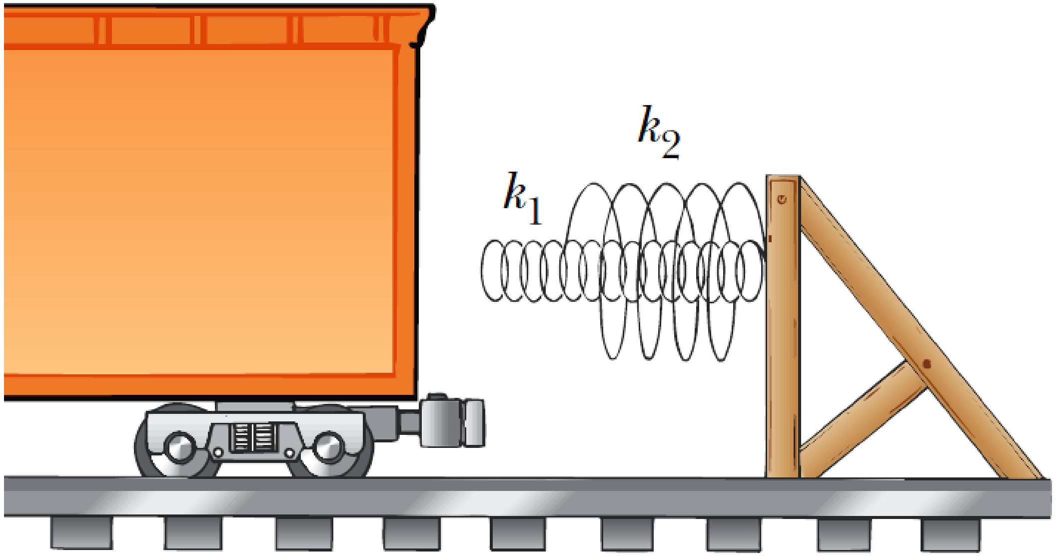
$$W_{el} = \frac{1}{2}k{x_1}^2 - \frac{1}{2}k{x_2}^2$$

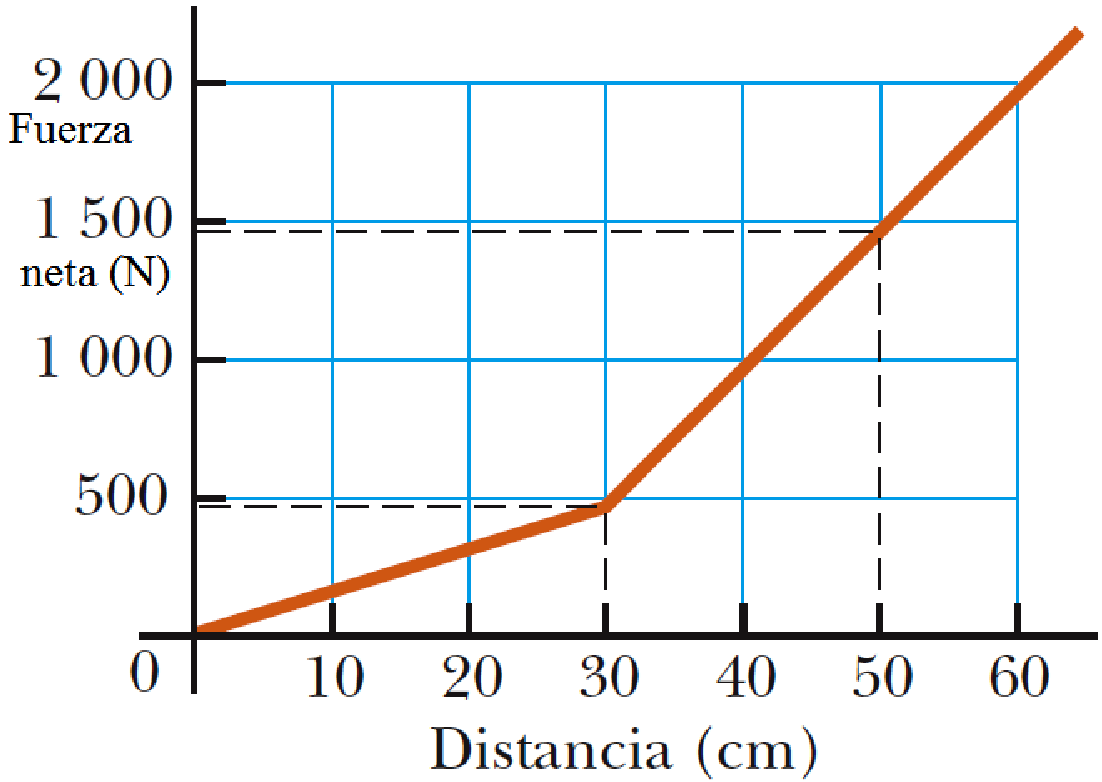
Energía potencial elástica

Podemos expresar el trabajo del resorte en términos de una cantidad dada al principio y al final del desplazamiento. Esta cantidad es $\frac{1}{2}kx^2$ la que definimos como la energía potencial elástica

$$U_{el} = \frac{1}{2}kx^2$$

Un vagón de 6 000 kg rueda a lo largo de la vía con fricción despreciable. El vagón se lleva al reposo mediante una combinación de dos resortes en espiral, como se ilustra en la figura. Ambos resortes se describen mediante la ley de Hooke con $\boldsymbol{k}_1$ = 1600 N/m y $\boldsymbol{k}_2$ = 3400 N/m. Después de que el primer resorte se comprime una distancia de 30.0 cm, el segundo resorte actúa con el primero para aumentar la fuerza mientras se presenta una compresión adicional como se muestra en la gráfica. El vagón llega al reposo 50.0 cm después de que hace el primer contacto con el sistema de dos resortes. Encuentre la rapidez inicial del vagón.




2 000
Fuerza
1 500
neta (N)
1 000
500
0
10
20
30
40
50
60
Distancia (cm)

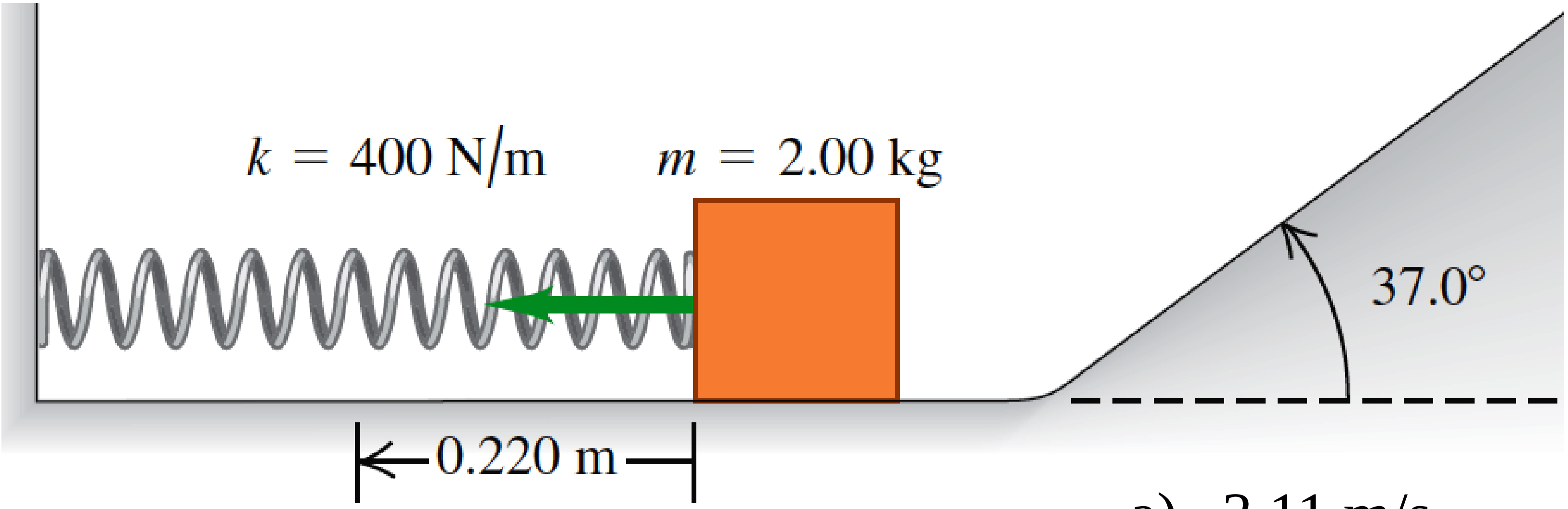
$v_i = 0.299$ m/s

Ejercicio

Un bloque de 2.00 kg se empuja contra un resorte con masa despreciable y constante de fuerza k = 400 N/m, comprimiéndolo 0.220 m. Al soltarse el bloque, se mueve por una superficie sin fricción que primero es horizontal y luego sube a 37.0°.

a) ¿Qué rapidez tiene el bloque al deslizarse sobre la superficie horizontal después de separarse del resorte?

b) ¿Qué distancia recorre en la rampa antes de pararse y regresar?



a) 3,11 m/s
b) 0,821 m

Fuerzas conservativas y no conservativas

Una fuerza es conservativa si el trabajo que realiza sobre un objeto en movimiento entre dos puntos es independiente de la trayectoria que el objeto tome entre los puntos. El trabajo realizado sobre un objeto por una fuerza conservativa depende sólo de las posiciones inicial y final del objeto.

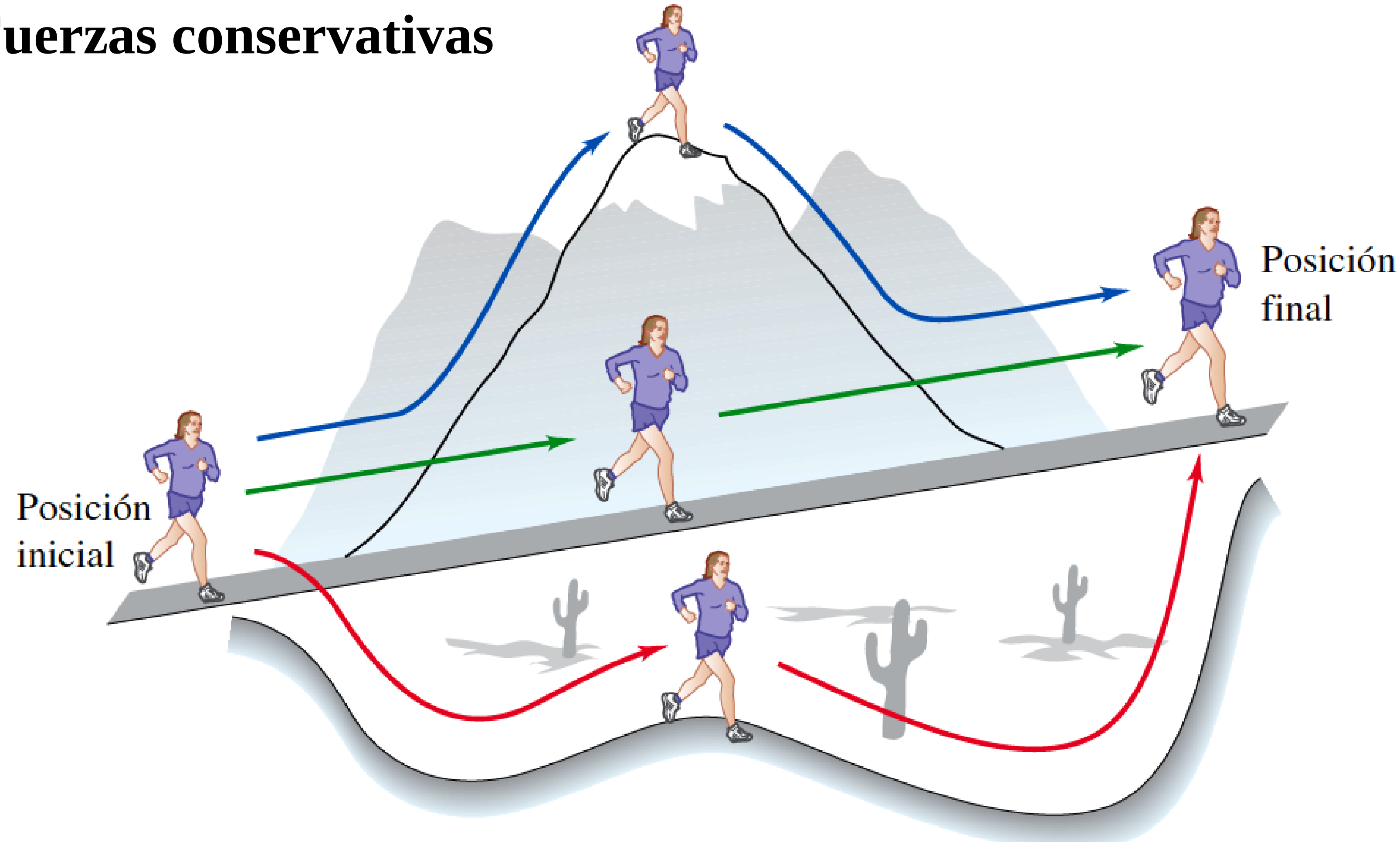
Si las ***únicas*** fuerzas que efectúan trabajo *son conservativas*, la energía mecánica total $\boldsymbol{E = K + U}$ es constante.

Fuerzas conservativas y no conservativas

El trabajo realizado por una fuerza conservativa ***siempre*** tiene estas propiedades:

1. Puede expresarse como la diferencia entre los valores inicial y final de una función de energía potencial.
2. Es reversible.
3. Es independiente de la trayectoria del cuerpo y depende sólo de los puntos inicial y final.
4. Si los puntos inicial y final son el mismo, el trabajo total es cero.

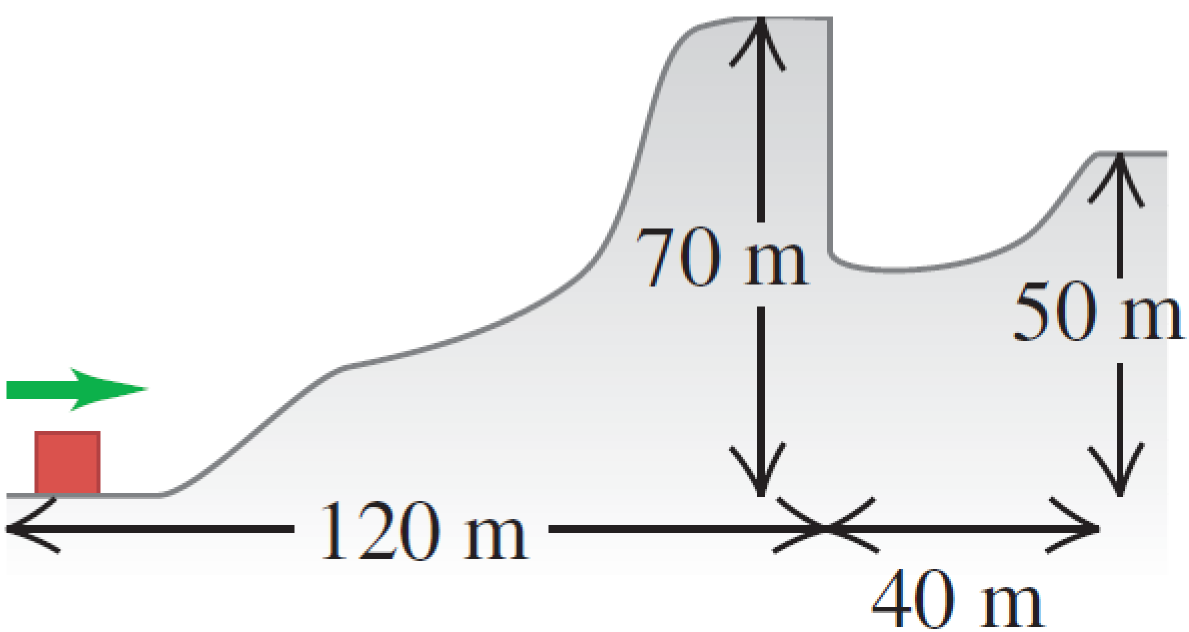
Fuerzas conservativas



El trabajo efectuado por la fuerza gravitacional es el mismo en las tres trayectorias, porque esta fuerza es conservativa.

Ejercicio

Un bloque de 2.8 kg que se desliza remonta la colina lisa, cubierta de hielo. La cima de la colina es horizontal y está 70 m más arriba que su base. ¿Qué rapidez mínima debe tener el bloque en la base de la colina para no quedar atrapada en el foso al otro lado de la colina?



v = 42,0 m/s

Fuerzas no conservativas

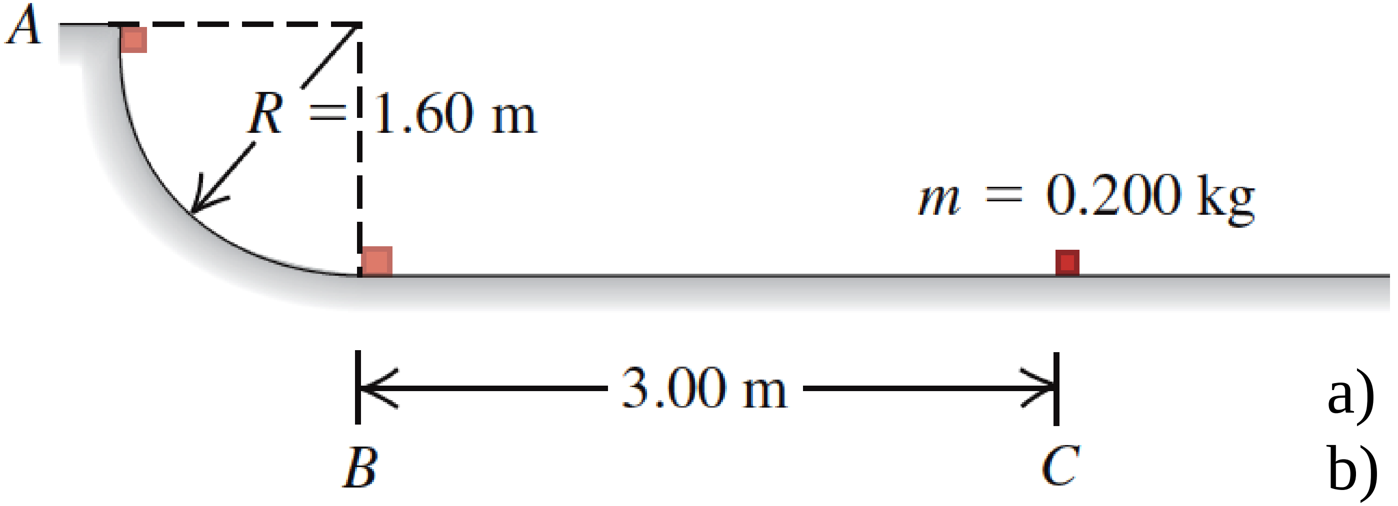
El trabajo realizado por una fuerza no conservativa no puede representarse con una función de energía potencial.

Algunas fuerzas no conservativas, como la fricción cinética o la resistencia de fluidos, hacen que se pierda o se disipe energía mecánica: son fuerzas disipadoras.

Ejercicio

En un puesto de carga de camiones de una oficina de correos, un paquete pequeño de 0.200 kg se suelta del reposo en el punto A de una vía que forma un cuarto de círculo con radio de 1.60 m.
El paquete se desliza por la vía y llega al punto B con rapidez de 4.80 m/s. A partir de aquí, el paquete se desliza 3.00 m sobre una superficie horizontal hasta el punto C, donde se detiene.
a) ¿Qué coeficiente de fricción cinética tiene la superficie horizontal?
b) ¿Cuánto trabajo realiza la fricción sobre el paquete al deslizarse éste por el arco circular entre A y B?

$$K_B + U_B + W_{other} = K_C + U_C$$



a) 0,392
b) -0,83 J

Fuerza y energía potencial

En cualquier desplazamiento, el trabajo W efectuado por una fuerza conservativa es el negativo del cambio de energía potencial ΔU

$$\boldsymbol{W = -\Delta U}$$

$$\boldsymbol{F_x(x)\Delta x = -\Delta U}$$

$$\boldsymbol{F_x(x) = -\frac{\Delta U}{\Delta x}}$$

$$\boldsymbol{F_x(x) = -\frac{dU(x)}{dx}}$$

Fuerza a partir de la energía potencial, en una dimensión

Una fuerza conservativa siempre trata de llevar el sistema a una energía potencial menor

Ejercicio

Una fuerza paralela al eje x actúa sobre una partícula que se mueve sobre el eje x. La fuerza produce una energía potencial $U(x)$ dada por $U(x) = 1{,}20\, \boldsymbol{x}^{\mathbf{4}}$.

Qué magnitud y dirección tiene la fuerza cuando la partícula está en x = -0.800 m?

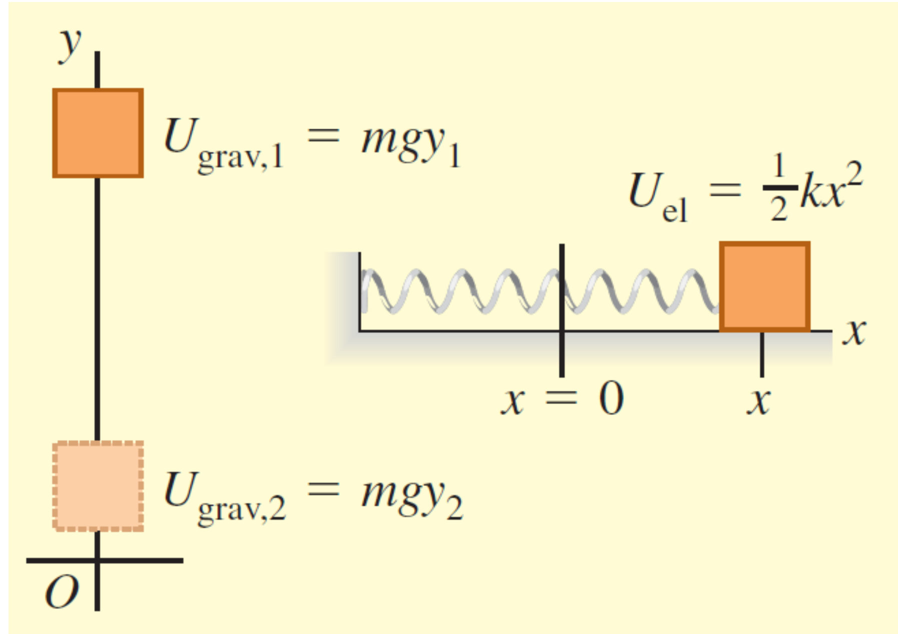
2,46 N

$+x$

Energía potencial gravitacional y energía potencial elástica

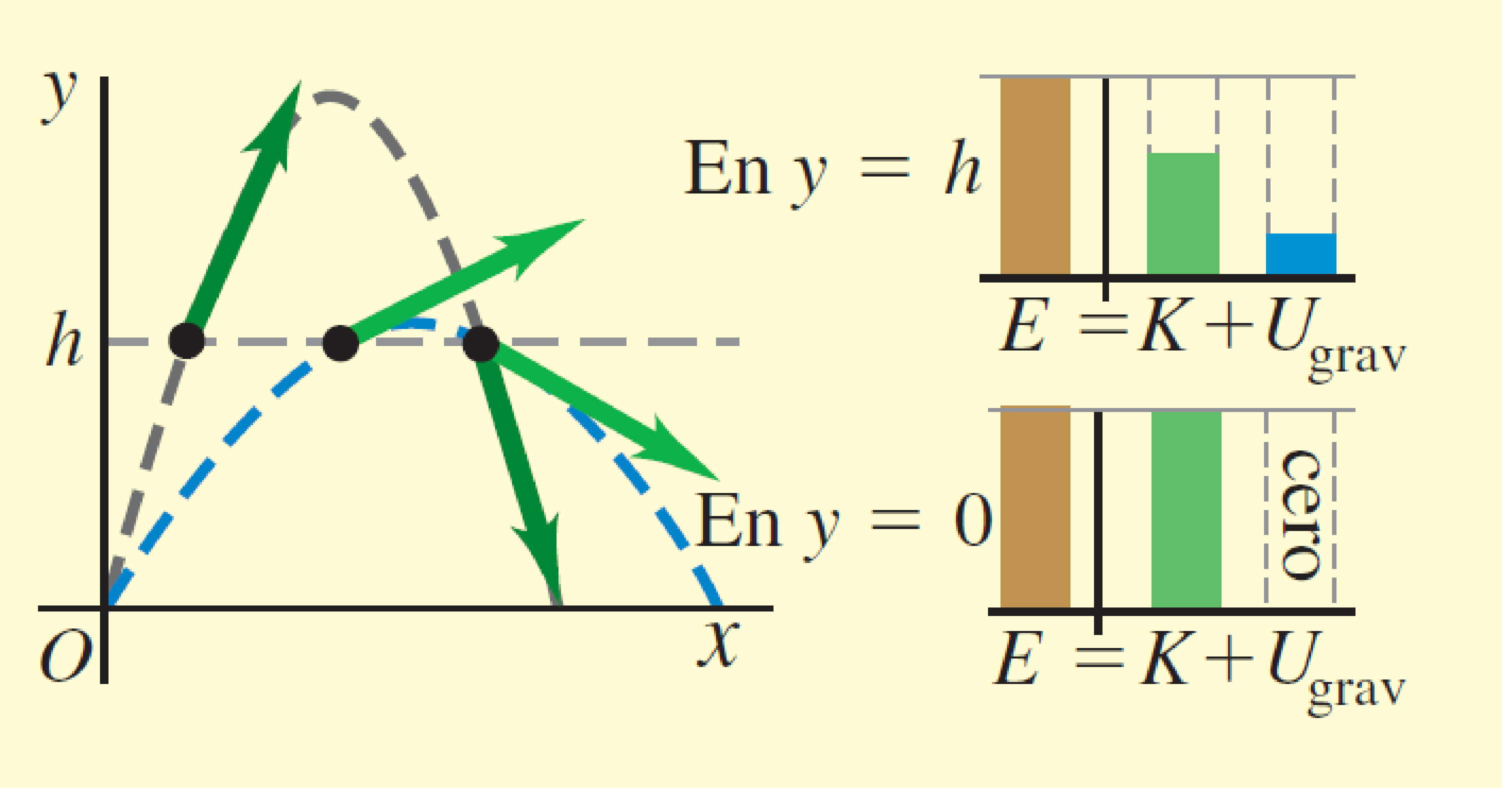
$$W_{grav} = mgy_1 - mgy_2$$
$$= U_{grav,1} - U_{grav,2}$$
$$= -\Delta U_{grav}$$

$$W_{el} = \frac{1}{2}kx_1^2 - \frac{1}{2}kx_2^2$$
$$= U_{el,1} - U_{el,2} = -\Delta U_{el}$$



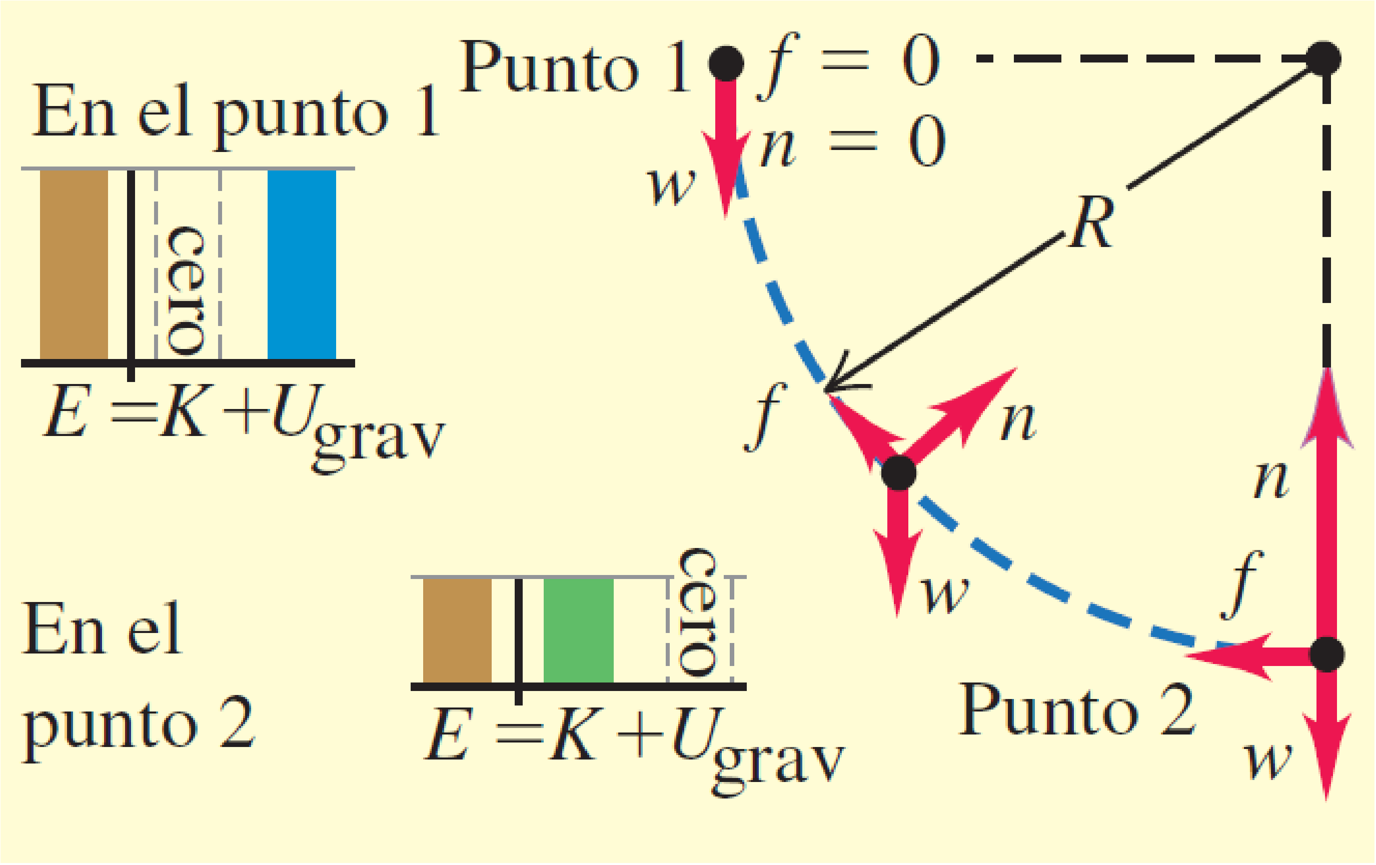
Cuando la energía mecánica total se conserva

$$K_1 + U_1 = K_2 + U_2$$



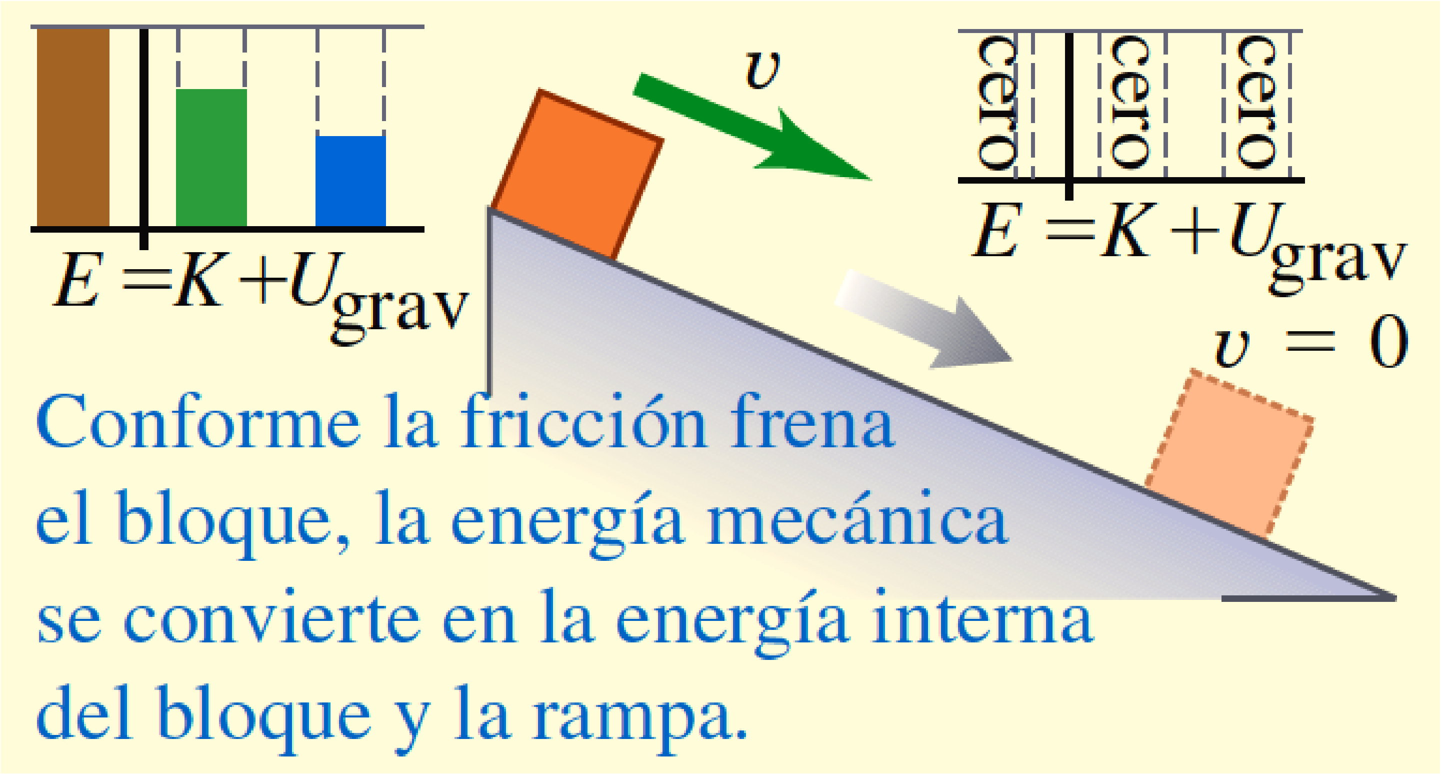
Cuando la energía mecánica total no se conserva

$$K_1 + U_1 + W_{otras} = K_2 + U_2$$



Fuerzas conservativas, fuerzas no conservativas y la ley de conservación de la energía

$$\Delta K + \Delta U + \Delta U_{\text{int}} = 0$$



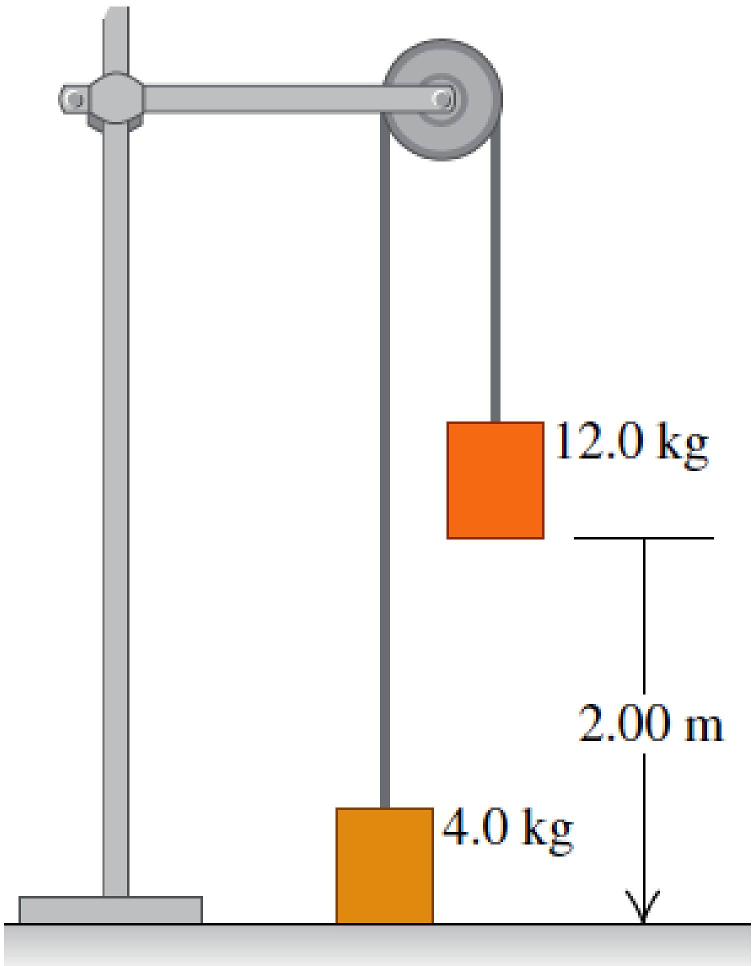
Cálculo de la fuerza a partir de la energía potencial

$$F_x(x) = -\frac{dU(x)}{dx}$$

$$F_x = -\frac{\partial U}{\partial x}$$

$$F_z = -\frac{\partial U}{\partial y}$$

Ejercicio



Un sistema que consta de dos cubetas de pintura conectadas por una cuerda ligera se suelta del reposo con la cubeta de pintura de 12.0 kg a 2.00 m sobre el piso. Use el principio de conservación de la energía para calcular la rapidez con que esta cubeta golpea el piso. Puede ignorar la fricción y la masa de la polea.

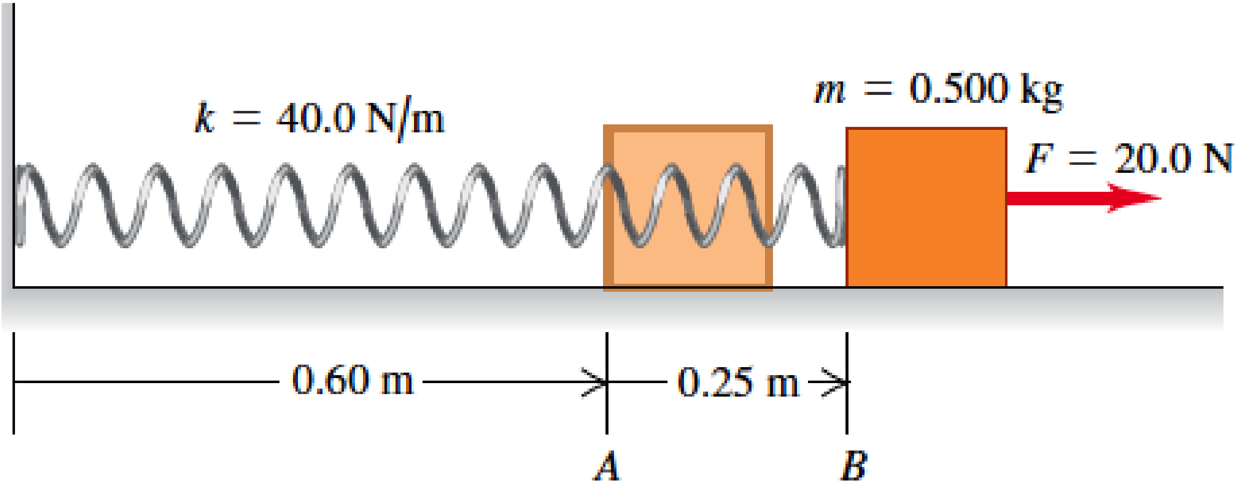
$\boldsymbol{v} = 4{,}4$ m/s

Ejercicio

Un bloque de 0.500 kg unido a un resorte de 0.60 m con constante de fuerza k = 40.0 N/m está en reposo con su cara trasera en el punto A de una mesa horizontal sin fricción. La masa del resorte es despreciable. Se tira del bloque a la derecha de la superficie con una fuerza horizontal constante de 20.0 N.

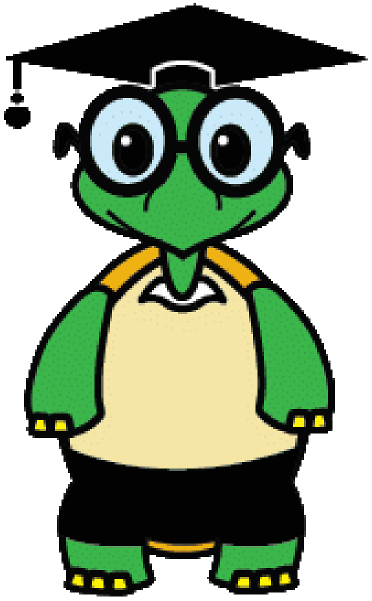
a) ¿Qué rapidez tiene el bloque cuando su cara trasera llega al punto B, que está 0.25 m a la derecha de A?

b) En ese punto, se suelta el bloque. En el movimiento subsecuente, ¿qué tanto se acerca el bloque a la pared a la que está sujeto el extremo izquierdo del resorte?



a) $\boldsymbol{v}$ = 3,87 m/s

b) 0,10 m



Gracias por su atención