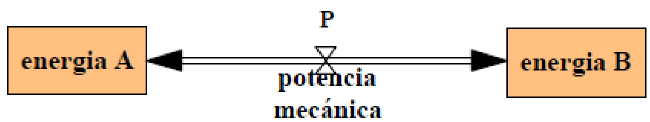
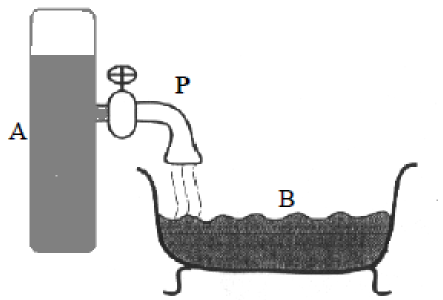
FUERZA - TRABAJO – POTENCIA-ENERGIA

APLICACIONES DE LA FUERZA: fuerzas que dependen del tiempo y fuerzas que dependen del desplazamiento, Impulso (*I*). Trabajo (*W*) , potencia y energía

ANALOGIA DE BAÑERA PARA ENTENDER RELACION ENTRE POTENCIA-ENERGIA Y TRABAJO





POTENCIA= FLUJO DE AGUA HACIA BAÑERA
ENERGIA= AGUA ACUMULADA EN BAÑERA
TRABAJO = AGUA QUE FLUYE HACIA BAÑERA DURANTE UN INTERVALO

TRABAJO, ENERGÍA Y POTENCIA

6

EL TRABAJO (W) efectuado por una fuerza se define como el producto de esa fuerza multiplicada por la distancia paralela sobre la cual actúa. Considere el caso más sencillo del movimiento rectilíneo que se muestra en la figura 6-1, donde una fuerza $\vec{\mathbf{F}}$ actúa sobre un cuerpo y hace que éste experimente un desplazamiento vectorial $\vec{s}$. La componente de $\vec{\mathbf{F}}$ en la dirección de $\vec{s}$ es $F \cos \theta$. El trabajo W efectuado por la fuerza $\vec{\mathbf{F}}$ se define como el producto de la componente de $\vec{\mathbf{F}}$ en la dirección del desplazamiento, multiplicada por el desplazamiento:

$$W = (F \cos \theta)(s) = Fs \cos \theta$$

Note que θ es el ángulo entre la fuerza y el vector de desplazamiento. El trabajo es una cantidad escalar.

Si $\vec{\mathbf{F}}$ y $\vec{s}$ están en la misma dirección, $\cos \theta = \cos 0° = 1$ y $W = Fs$. Sin embargo, si $\vec{\mathbf{F}}$ y $\vec{s}$ tienen la misma dirección pero sentidos opuestos, entonces $\cos \theta = \cos 180° = -1$ y $W = -Fs$, y el trabajo es negativo. Fuerzas como la fricción a menudo disminuyen el movimiento de los cuerpos y su sentido es opuesto al desplazamiento. En tales casos efectúan un trabajo negativo. A causa de que la fuerza de fricción se opone al movimiento de un objeto, el trabajo realizado en vencer la fricción (a lo largo de cualquier trayectoria, curva o recta) es igual al producto de F_f y la longitud de la trayectoria recorrida. De este modo, si se arrastra un objeto contra la fricción, de regreso al punto en donde se inició el recorrido, se realiza trabajo incluso si el desplazamiento neto es cero.

El trabajo es la transferencia de energía de una entidad hacia otra a través de la acción de una fuerza aplicada sobre una distancia. Si va a realizarse trabajo, el punto de aplicación de la fuerza debe moverse.

LA UNIDAD DE TRABAJO en el SI es el *newton-metro* llamado *joule* (J). Un joule es el trabajo realizado por una fuerza de 1 N cuando el objeto se desplaza 1 m en la dirección de la fuerza. Otras unidades frecuentemente utilizadas para el trabajo son el *erg*, donde $1 \text{ erg} = 10^{-7}$ J, y la *libra-pie* (lb · pie), donde 1 lb · pie = 1.355 J.

LA ENERGÍA (E) es una medida del cambio impartido a un sistema y que se puede transferir mecánicamente a un objeto cuando una fuerza trabaja sobre dicho objeto. La cantidad de energía dada a un objeto mediante la acción de una fuerza sobre una distancia es igual al trabajo realizado. Así, cuando un objeto realiza trabajo, proporciona una cantidad de energía igual al trabajo efectuado. Debido a que el cambio puede realizarse en distintas maneras, hay una variedad de formas de energía. Todas las formas de energía, incluido el trabajo, tienen las mismas unidades, joules. La energía es una cantidad escalar. Un objeto es capaz de realizar trabajo si posee energía.

LA ENERGÍA CINÉTICA (EC) es la energía que posee un objeto debido a su movimiento. Si un objeto de masa m tiene velocidad v, su energía cinética traslacional está dada por

$$\text{EC} = \tfrac{1}{2}mv^2$$

Cuando m está en kg y v en m/s, las unidades de EC son joules.

LA ENERGÍA POTENCIAL GRAVITACIONAL (EP_G) es la energía que posee un objeto debido a su posición en el campo gravitacional. Un cuerpo de masa m, al caer una distancia vertical h, puede realizar un trabajo de magnitud mgh. La EP_G de un objeto se define con respecto a un nivel arbitrario cero, el cual a menudo es la superficie de la Tierra. Si un objeto está a una altura h sobre el nivel cero (o de referencia), se tiene

$$\text{EP}_G = mgh$$

donde g es la aceleración debida a la gravedad. Adviértase que mg es el peso del objeto. Las unidades de la EP_G son joules cuando m está en kg, g en m/s^2 y h en m.

TEOREMA DEL TRABAJO-ENERGÍA: Cuando se realiza trabajo sobre una masa puntual o sobre un cuerpo rígido y no hay cambio en la EP, la energía impartida sólo puede aparecer como EC. Sin embargo, debido a que un cuerpo no es por completo rígido, se puede transferir energía a sus partes y el trabajo realizado sobre él no será precisamente igual a su cambio en la EC.

CONSERVACIÓN DE LA ENERGÍA: La energía no se crea ni se destruye, sólo se transforma de un tipo a otro. (La masa puede considerarse como una forma de energía. Por lo general, puede ignorarse la conversión de masa en energía y viceversa, prevista por la teoría especial de la relatividad. Este tema se tratará en el capítulo 41.)

POTENCIA (P) es la tasa de tiempo con que se realiza trabajo:

$$\text{Potencia promedio} = \frac{\text{trabajo realizado por la fuerza}}{\text{tiempo necesario para realizarlo}} = \text{fuerza} \times \text{rapidez}$$

donde la "rapidez" se mide en la dirección de la fuerza aplicada al objeto. En forma más general, la potencia es la tasa de transferencia de energía. En el SI, la unidad de potencia es el *watt* (W), donde 1 W = 1 J/s.

Otra unidad de potencia que se emplea con frecuencia es el *caballo de fuerza*: 1 hp = 746 W. En general, **la potencia es la razón a la que se transfiere la energía.**

EL KILOWATT-HORA es una unidad de energía. Si una fuerza realiza trabajo a una tasa de 1 kilowatt (que es 1 000 J/s), entonces en una hora realizará 1 kW ·h de trabajo:

$$1\ \text{kW}\cdot\text{h} = 3.6 \times 10^6\ \text{J} = 3.6\ \text{MJ}$$

PROBLEMAS RESUELTOS

6.1 [I] En la figura 6-1, suponga que el objeto se jala con una fuerza de 75 N en la dirección de 28° sobre la horizontal. ¿Cuánto trabajo desarrolla la fuerza al tirar del objeto 8.0 m?

El trabajo efectuado por la fuerza es igual al producto del desplazamiento, 8.0 m, por la componente de la fuerza que es paralela al desplazamiento, (75 N) (cos 28°). Entonces,

$$W = (75\ \text{N})(\cos 28°)(8.0\ \text{m}) = 0.53\ \text{kJ}$$

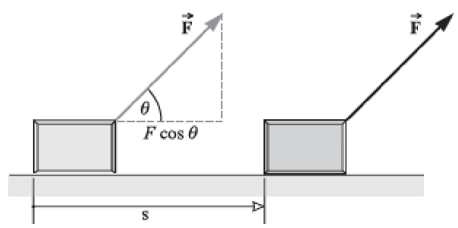


Figura 6-1

6.2 [I] Un bloque se mueve hacia arriba por un plano inclinado 30° bajo la acción de las tres fuerzas que se muestran en la figura 6-2. $\vec{F}_1$ es horizontal y de 40 N de magnitud. $\vec{F}_2$ es normal al plano y de 20 N de magnitud. $\vec{F}_3$ es paralela al plano y de 30 N de magnitud. Determine el trabajo realizado por cada una de las fuerzas, cuando el bloque (y el punto de aplicación de cada fuerza) se mueve 80 cm hacia arriba del plano inclinado.

La componente de $\vec{F}_1$ a lo largo de la dirección del desplazamiento es

$$F_1 \cos 30° = (40\ \text{N})(0.866) = 34.6\ \text{N}$$

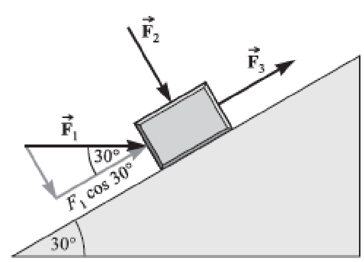


Figura 6-2

Por tanto, el trabajo realizado por $\vec{F}_1$ es (34.6 N)(0.80 m) = 28 J. (Note que la distancia debe expresarse en metros.)

Obsérvese que $\vec{F}_2$ no desarrolla trabajo, ya que no tiene componentes en la dirección del desplazamiento.

La componente de $\vec{F}_3$ en dirección del desplazamiento es 30 N, por lo que el trabajo efectuado por $\vec{F}_3$ es (30 N)(0.80 m) = 24 J.

6.3 [II] Un cuerpo de 300 g se desliza 80 cm a lo largo de una mesa horizontal. ¿Cuánto trabajo se realiza para superar la fricción entre el cuerpo y la mesa, si el coeficiente de fricción cinética es 0.20?

Primero se calcula la fuerza de fricción. Ya que la fuerza normal es igual al peso del cuerpo,

$$F_f = \mu_c F_N = (0.\ 20)(0.300 \text{ kg})(9.81 \text{ m/s}^2) = 0.588 \text{ N}$$

El trabajo realizado para superar la fricción es $F_f s \cos\theta$. Dado que la fricción tiene sentido contrario al desplazamiento, $\theta = 180°$. De donde

$$\text{Trabajo} = F_f s \cos 180° = (0.588 \text{ N})(0.80 \text{ m})(-1) = -0.47 \text{ J}$$

El trabajo es negativo porque la fricción frena al objeto; es decir, disminuye la energía cinética del objeto.

6.4 [I] ¿Cuánto trabajo se realiza contra la gravedad al levantar un objeto de 3.0 kg a través de una distancia vertical de 40 cm?

Es necesaria una fuerza externa para levantar el objeto. Si el objeto se eleva con rapidez constante, la fuerza de elevación debe ser igual al peso del objeto. El trabajo realizado por la fuerza de elevación es a lo que se refiere como *trabajo realizado en contra de la gravedad*. Ya que la fuerza de elevación es mg, donde m es la masa del objeto, se tiene

$$\text{Trabajo} = (mg)(h)(\cos\theta) = (3.0 \text{ kg} \times 9.81 \text{ N})(0.40 \text{ m})(1) = 12 \text{ J}$$

En general, el trabajo realizado en contra de la gravedad al elevar un objeto de masa m a través de una distancia vertical h es igual a mgh.

6.5 [I] ¿Cuánto trabajo se realiza sobre un objeto por la fuerza que lo soporta conforme éste se desplaza hacia abajo una distancia vertical h? ¿Cuánto trabajo realiza la fuerza gravitacional sobre dicho objeto en el mismo proceso?

La fuerza de soporte es mg, donde m es la masa del objeto. Se encuentra dirigida hacia arriba mientras que el desplazamiento es hacia abajo. Entonces el trabajo realizado es

$$Fs\cos\theta = (mg)(h)(\cos 180°) = -mgh$$

La fuerza de gravedad que actúa sobre el objeto también es mg, pero está dirigida hacia abajo en el mismo sentido que el desplazamiento. El trabajo realizado por la fuerza de gravedad sobre el objeto es entonces

$$Fs\cos\theta = (mg)(h)(\cos 0°) = mgh$$

6.6 [II] Una escalera de 3.0 m de longitud que pesa 200 N tiene su centro de gravedad a 120 cm del nivel inferior. En su parte más alta tiene un peso de 50 N. Calcule el trabajo necesario para levantar la escalera de una posición horizontal, sobre el piso, a una vertical.

El trabajo que se realiza (contra la gravedad) consta de dos partes: una es el trabajo para elevar el centro de gravedad a una altura de 1.20 m y otra el trabajo para elevar el peso que se encuentra en la parte más alta hasta los 3.0 m. Entonces

$$\text{Trabajo realizado} = (200 \text{ N})(1.20 \text{ m}) + (50 \text{ N})(3.0 \text{ m}) = 0.39 \text{ kJ}$$

6.7 [II] Calcule el trabajo realizado en contra de la gravedad por una bomba que descarga 600 litros de gasolina dentro de un tanque que se encuentra a 20 m por encima de la bomba. Un centímetro cúbico de gasolina tiene una masa de 0.82 gramos. Un litro es igual a 1000 cm³.

Para determinar la masa que se levanta se tiene

$$(600\text{ litros})\left(1\,000\,\frac{\text{cm}^3}{\text{litro}}\right)\left(0.82\,\frac{\text{g}}{\text{cm}^3}\right) = 492\,000\text{ g} = 492\text{ kg}$$

Para determinar el trabajo de elevación, se tiene

$$\text{Trabajo} = (mg)(h) = (492\text{ kg} \times 9.81\text{ m/s}^2)(20\text{ m}) = 96\text{ kJ}$$

6.8 [I] Una masa de 2.0 kg cae 400 cm. *a*) ¿Cuánto trabajo realizó la fuerza de gravedad sobre la masa? *b*) ¿Cuánta EP_G perdió la masa?

La gravedad jala al objeto con una fuerza mg y el desplazamiento es de 4 m en dirección de la fuerza. Por tanto, el trabajo realizado por la gravedad es

$$(mg)(4.00\text{ m}) = (2.0\text{ kg} \times 9.81\text{ N})(4.00\text{ m}) = 78\text{ J}$$

El cambio en EP_G de un objeto es $mgh_f - mgh_i$, donde h_i y h_f son las alturas inicial y final del objeto respecto a un nivel de referencia. Entonces se tiene

$$\text{Cambio en } EP_G = mgh_f - mgh_i = mg(h_f - h_i) = (2.0\text{ kg} \times 9.81\text{ N})(-4.0\text{ m}) = -78\text{ J}$$

La EP_G perdida es 78 J.

6.9 [II] Una fuerza de 1.50 N actúa sobre un deslizador de 0.20 kg de tal forma que lo acelera a lo largo de un riel de aire. La trayectoria y la fuerza están sobre una línea horizontal. ¿Cuál es la rapidez del deslizador después de acelerarlo desde el reposo, a lo largo de 30 cm, si la fricción es despreciable?

El trabajo realizado por la fuerza es igual al incremento en EC del deslizador. Entonces,

$$\text{Trabajo realizado} = (\text{EC})_{\text{final}} - (\text{EC})_{\text{inicial}} \qquad \text{o bien} \qquad Fs\cos 0° = \tfrac{1}{2}mv_f^2 - 0$$

Sustituyendo da

$$(1.50\text{ N})(0.30\text{ m}) = \tfrac{1}{2}(0.20\text{ kg})\,v_f^2$$

de donde $v_f = 2.1$ m/s.

TALLER 5

6.10 [II] Un bloque de 0.50 kg se desliza sobre la superficie de una mesa con una velocidad inicial de 20 cm/s, se mueve una distancia de 70 cm y queda en reposo. Encuentre la fuerza de fricción promedio que retarda su movimiento.

La EC inicial del bloque se pierde debido a la acción retardadora de la fuerza de fricción. Es decir,

Cambio de EC del bloque = trabajo realizado sobre el bloque por la fuerza de fricción

$$\tfrac{1}{2}mv_f^2 - \tfrac{1}{2}mv_i^2 = F_f s \cos\theta$$

Debido a que la fuerza de fricción sobre el bloque se encuentra en sentido opuesto a la dirección del desplazamiento, $\cos\theta = -1$. Utilizando $v_f = 0$, $v_i = 0.20$ m/s y $s = 0.70$ m, se obtiene

$$0 = -\tfrac{1}{2}(0.50\ \text{kg})(0.20\ \text{m/s})^2 = (F_f)(0.70\ \text{m})(-1)$$

de donde $F_f = 0.014$ N.

6.11 [II] Un automóvil que viaja a 15 m/s es llevado hasta el reposo en una distancia de 2.0 m al estrellarse contra un montículo de tierra. ¿Cuál es la fuerza promedio que ejerce el cinturón de seguridad sobre un pasajero de 90 kg en el automóvil cuando es detenido?

Suponga que el cinturón de seguridad detiene al pasajero en 2.0 m. La fuerza F que se aplica actúa a lo largo de una distancia de 2.0 m y disminuye la EC del pasajero hasta cero. Así

Cambio de EC del pasajero = trabajo realizado por F

$$0 - \tfrac{1}{2}(90\ \text{kg})(15\ \text{m/s}^2) = (F)(2.0\ \text{m})(-1)$$

donde $\cos\theta = -1$, debido a que la fuerza que retiene al pasajero está en sentido contrario al desplazamiento. Al resolver, se tiene $F = 5.1$ kN.

6.12 [II] Se dispara un proyectil hacia arriba desde la tierra con una rapidez de 20 m/s. Usando consideraciones de energía, ¿a qué altura estará el proyectil cuando su rapidez sea de 8.0 m/s? Ignore la fricción del aire.

Dado que la energía del proyectil se conserva, se tiene

Cambio en EC + cambio en $EP_G = 0$

$$\tfrac{1}{2}mv_f^2 - \tfrac{1}{2}mv_i^2 + (mg)(h_f - h_i) = 0$$

Lo que se desea calcular es $h_f - h_i$. Después de un poco de álgebra, se obtiene

$$h_f - h_i = -\frac{v_f^2 - v_i^2}{2g} = -\frac{(8.0\ \text{m/s})^2 - (20\ \text{m/s})^2}{2(9.81\ \text{m/s}^2)} = 17\ \text{m}$$

6.13 [II] En una máquina de Atwood (vea el problema 3.30), las dos masas son de 800 g y 700 g. El sistema inicialmente está en reposo. ¿Cuál es la rapidez de la masa de 800 g después de que cae 120 cm?

La masa de 700 g sube 120 cm mientras que la de 800 g cae 120 cm. Por tanto, el cambio neto en EP_G es

$$\text{Cambio en } EP_G = (0.70\text{ kg})(9.81\text{ m/s}^2)(1.20\text{ m}) - (0.80\text{ kg})(9.81\text{ m/s}^2)(1.20\text{ m}) = -1.18\text{ J}$$

lo cual es una pérdida de EP_G. Dado que la energía se conserva, la energía cinética de las masas aumenta en 1.18 J. En consecuencia,

$$\text{Cambio en EC} = 1.18\text{ J} = \tfrac{1}{2}(0.70\text{ kg})(v_f^2 - v_i^2) + \tfrac{1}{2}(0.80\text{ kg})(v_f^2 - v_i^2)$$

Como el sistema inicialmente se encuentra en reposo, $v_i = 0$, se puede resolver la ecuación para calcular v_f, con lo cual $v_f = 1.25$ m/s.

6.14 [II] Como se muestra en la figura 6-3, una cuenta se desliza sobre un alambre. Si la fuerza de fricción es despreciable y en el punto *A* la cuenta tiene una rapidez de 200 cm/s, *a*) ¿cuál será su rapidez en el punto *B*?, *b*) ¿cuál en el punto *C*?

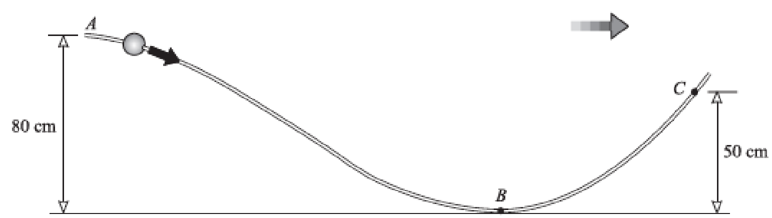


Figura 6-3

Se sabe que la energía de la cuenta se conserva, así que se puede escribir

Se sabe que la energía de la cuenta se conserva, así que se puede escribir

$$\text{Cambio en EC} + \text{cambio en } EP_G = 0$$

$$\tfrac{1}{2}mv_f^2 - \tfrac{1}{2}mv_i^2 + mg(h_f - h_i) = 0$$

a) Aquí, $v_i = 2.0$ m/s, $h_i = 0.80$ m y $h_f = 0$. Al usar estos valores, y notar que m se cancela, se obtiene $v_f = 4.4$ m/s.

b) Aquí, $v_i = 2.0$ m/s, $h_i = 0.80$ m y $h_f = 0.50$ m. Al usar estos valores, y notar que m se cancela, se tiene $v_f = 3.1$ m/s.

6.15 [II] Suponga que la cuenta de la figura 6-3 tiene una masa de 15 g y una rapidez de 2.0 m/s en el punto *A*, y se detiene al llegar al punto *C*. La longitud del alambre desde *A* hasta *C* es de 250 cm. ¿Cuál es la fuerza de fricción promedio que se opone al movimiento de la cuenta?

Cuando la cuenta se mueve de *A* a *C* experimenta un cambio en su energía total: pierde EC y EP_G. Este cambio de energía total es igual al trabajo realizado por la fuerza de fricción sobre la cuenta. Entonces,

$$\text{Cambio en EC} + \text{cambio en } EP_G = \text{trabajo realizado por la fuerza de fricción}$$

$$mg(h_C - h_A) + \tfrac{1}{2}m(v_C^2 - v_A^2) = F_f s \cos\theta$$

Note que $\cos\theta = -1$, $v_C = 0$, $v_A = 2.0$ m/s, $h_C - h_A = -0.30$ m, $s = 2.50$ m y $m = 0.015$ kg. Usando estos valores, se encuentra que $F_f = 0.030$ N.

6.16 [II] Un automóvil de 1 200 kg va cuesta abajo por una colina con una inclinación de 30°, como se muestra en la figura 6-4. Cuando la rapidez del automóvil es de 12 m/s, el conductor aplica los frenos. ¿Cuál es el valor de la fuerza constante F (paralela al camino) que debe aplicarse si el carro se detiene después de viajar 100 m?

El cambio en la energía total del automóvil (EC + EP_G) es igual al trabajo realizado sobre éste por la fuerza de frenado F. Este trabajo es Fs cos 180°, pues F retarda el movimiento del carro. Por tanto se tiene

$$\frac{1}{2}m(v_f^2 - v_i^2) + mg(h_f - h_i) = Fs(-1)$$

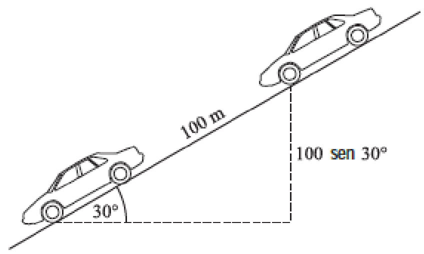


Figura 6-4

donde m = 1 200 kg, $v_f = 0$, v_i = 12 m/s, $h_f - h_i$ = (100 m) sen 30° y s = 100 m.
Con estos valores, de la ecuación se obtiene F = 6.7 kN.

6.17 [II] En la figura 6-5 se muestra un péndulo con una cuerda de 180 cm de longitud y una pelota suspendida en su extremo. La pelota tiene una rapidez de 400 cm/s cuando pasa por el punto bajo de su trayectoria. *a*) ¿Cuál es la altura h sobre este punto a la cual se elevará antes de detenerse? *b*) ¿Qué ángulo forma el péndulo con la vertical?

a) El tirón de la cuerda sobre la pelota siempre es perpendicular a la trayectoria de ésta, por tanto no realiza trabajo sobre la pelota. En virtud de que la energía total de la pelota permanece constante, la EC que pierde se transforma en EP_G. Esto es,

$$\text{Cambio en EC} + \text{cambio en } EP_G = 0$$

$$\frac{1}{2}mv_f^2 - \frac{1}{2}mv_i^2 + mgh = 0$$

Ya que $v_f = 0$ y v_i = 4.00 m/s, se encuentra que h = 0.816 m es la altura a la que se eleva la pelota.

b) De la figura 6-5,

$$\cos\theta = \frac{L-h}{L} = 1 - \frac{0.816}{1.80}$$

con lo cual se obtiene θ = 56.9°.

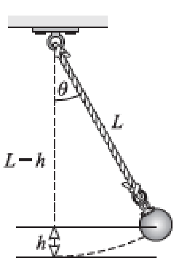


Figura 6-5

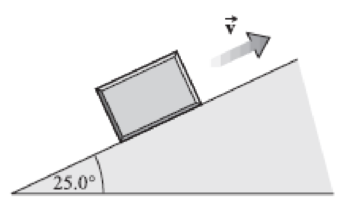


Figura 6-6

6.18 [II] Sobre el plano inclinado de la figura 6-6 se dispara hacia arriba un bloque de 500 g con una rapidez inicial de 200 cm/s. ¿Qué tan arriba sobre el plano inclinado llegará si el coeficiente de fricción entre éste y el plano es de 0.150?

Primero se determina la fuerza de fricción sobre el bloque con

$$F_f = \mu F_N = \mu(mg \cos 25.0°)$$
$$F_f = 0.667 \text{ N}$$

Como el bloque se desliza hacia arriba a una distancia D, éste se elevará a una distancia D sen 25.0°. Dado que el cambio en energía del bloque es igual al trabajo realizado sobre éste por la fuerza de fricción, se tiene

$$\text{Cambio en EC} + \text{cambio en EP}_G = F_f D \cos 180°$$

$$\tfrac{1}{2}m(v_f^2 - v_i^2) + mg(D \text{ sen } 25.0°) = -F_f D$$

La fuerza de fricción se opone al movimiento (es hacia abajo), mientras que el desplazamiento es hacia arriba, por lo que el trabajo que realiza es negativo.

Se sabe que $v_i = 2.00$ m/s y $v_f = 0$. Note que la masa del bloque se podría cancelar en este caso (pero sólo porque F_f está dada en términos de la misma). La sustitución da $D = 0.365$ m.

6.19 [II] Un tren de 60 000 kg asciende por una pendiente con inclinación de 1.0% (esto es, se eleva 1.0 m por cada 100 m horizontales) por medio de una tracción que lo jala con una fuerza de 3.0 kN. La fuerza de fricción que se opone al movimiento del tren es de 4.0 kN. La rapidez inicial del tren es 12 m/s. ¿Qué distancia horizontal s recorrerá el tren antes de que su velocidad se reduzca a 9.0 m/s?

La altura que el tren sube al recorrer una distancia horizontal s es $0.010s$. El cambio en energía total del tren se debe al trabajo de la fuerza de fricción (que es negativa) y a la fuerza de tracción:

$$\text{Cambio en EC} + \text{cambio en EP}_G = W_{\text{tracción}} + W_{\text{fricción}}$$

$$\tfrac{1}{2}m(v_f^2 - v_i^2) + mg(0.010s) = (3\,000 \text{ N})(s)(1) + (4\,000 \text{ N})(s)(-1)$$

de donde $s = 275$ m $= 0.28$ km.

6.20 [III] Un anuncio publicitario pregona que cierto automóvil de 1 200 kg puede acelerar desde el reposo hasta 25 m/s en un tiempo de 8.0 s. ¿Qué potencia promedio debe desarrollar el motor para originar esta aceleración? Dé su respuesta en watts y en caballos de fuerza. Ignore las pérdidas por fricción.

El trabajo realizado en acelerar el automóvil está dado por

$$\text{Trabajo realizado} = \text{cambio en EC} = \tfrac{1}{2}m(v_f^2 - v_i^2) = \tfrac{1}{2}mv_f^2$$

El tiempo transcurrido en el desarrollo de este trabajo es de 8.0 s. Por tanto, con dos cifras significativas,

$$\text{Potencia} = \frac{\text{trabajo}}{\text{tiempo}} = \frac{\frac{1}{2}(1\,200 \text{ kg})(25 \text{ m/s})^2}{8.0 \text{ s}} = 46\,875 \text{ W} = 47 \text{ kW}$$

Al convertir de watts a caballos de fuerza (hp), se tiene

$$\text{Potencia} = (46\,875 \text{ W})\left(\frac{1 \text{ hp}}{746 \text{ W}}\right) = 63 \text{ hp}$$

6.21 [III] Un motor de 0.25 hp se usa para levantar una carga con una rapidez de 5.0 cm/s. ¿Cuál es la máxima carga que puede levantar con esta rapidez constante?

Suponga que la potencia de *salida* del motor es de 0.25 hp = 186.5 W. En 1.0 s, una carga mg se levanta a una distancia de 0.050 m. Por consiguiente,

$$\text{Trabajo desarrollado en 1.0 s} = (\text{peso})(\text{cambio de altura en 1.0 s}) = (mg)(0.050 \text{ m})$$

Por definición, potencia = trabajo/tiempo, así que

$$186.5 \text{ W} = \frac{(mg)(0.050 \text{ m})}{1.0 \text{ s}}$$

Utilizando $g = 9.81 \text{ m/s}^2$, se encuentra que $m = 381$ kg. El motor puede levantar una carga de aproximadamente 0.38×10^3 kg con esta rapidez.

6.22 [III] Repita el problema 6.20 si los datos se aplican a un automóvil que sube por un plano inclinado 20°.

Se debe realizar trabajo para elevar al automóvil, así como para acelerarlo:

$$\text{Trabajo realizado} = \text{cambio en EC} + \text{cambio en EP}_G$$

$$= \tfrac{1}{2}m(v_f^2 - v_i^2) + mg(h_f - h_i)$$

donde $h_f - h_i = s$ sen 20° y s es la distancia total recorrida por el automóvil sobre el plano inclinado en los 8.0 s considerados. Como se sabe que $v_i = 0$, $v_f = 25$ m/s y $t = 8.0$ s, se tiene

$$s = v_{prom}t = \tfrac{1}{2}(v_i + v_f)t = 100 \text{ m.}$$

Entonces

$$\text{Trabajo realizado} = \tfrac{1}{2}(1\,200 \text{ kg})(625 \text{ m}^2/\text{s}^2) + (1200 \text{ kg})(9.81 \text{ m/s}^2)(100 \text{ m})(\text{sen } 20°) = 777.6 \text{ kJ}$$

de donde

$$\text{Potencia} = \frac{778 \text{ kJ}}{8.0 \text{ s}} = 97 \text{ kW} = 0.13 \times 10^3 \text{ hp}$$

6.23 [III] Para descargar granos de la bodega de un barco se emplea un elevador que levanta el grano a una distancia de 12 m. La descarga del grano se realiza por la parte superior del elevador a razón de 2.0 kg cada segundo y la rapidez de descarga de cada partícula de grano es de 3.0 m/s. Encuentre la potencia mínima (en hp) del motor que puede elevar los granos de este modo.

La salida de potencia del motor es

$$\text{Potencia} = \frac{\text{cambio en EC} + \text{cambio en EP}_G}{\text{tiempo transcurrido}} = \frac{\frac{1}{2}m(v_f^2 - v_i^2) + mgh}{t}$$

$$= \frac{m}{t}\left[\tfrac{1}{2}(9.0 \text{ m}^2/\text{s}^2) + (9.81 \text{ m/s}^2)(12 \text{ m})\right]$$

La masa transportada por segundo, m/t, es de 2.0 kg/s. Utilizando este valor se obtiene la potencia, que es 0.24 kW.