Capítulo 7

Trabajo y Energía

Este lanzador está a punto de acelerar la pelota de béisbol a una gran velocidad, ejerciendo una fuerza sobre ella. Efectuará trabajo sobre la pelota al ejercer la fuerza a lo largo de un desplazamiento de varios metros, desde atrás de su cabeza hasta que la suelta con el brazo extendido frente a sí. El trabajo total que se realiza sobre la pelota corresponde a la energía cinética $\left(\frac{1}{2}mv^2\right)$ que adquiere la pelota. Este resultado se conoce como el principio trabajo-energía.

Unidades del Capítulo 7

- Trabajo hecho por una fuerza constante
- Producto Escalar de Dos Vectores
- Trabajo hecho por una Fuerza Variable
- Energía Cinética y el principio del Trabajo-Energía

Capítulo 7. Física Básica. Marlon Basantes Valverde, Ph.D

7-1 Trabajo hecho por una Fuerza Constante

El trabajo hecho por una fuerza constante es definido como la distancia movida multiplicada por la componente de la fuerza en la dirección del desplazamiento.

$$W = Fd\cos\theta$$

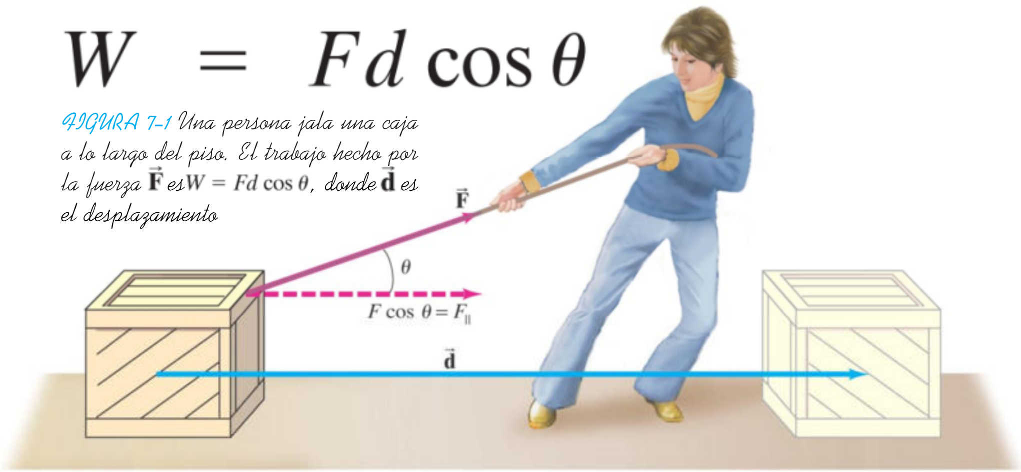
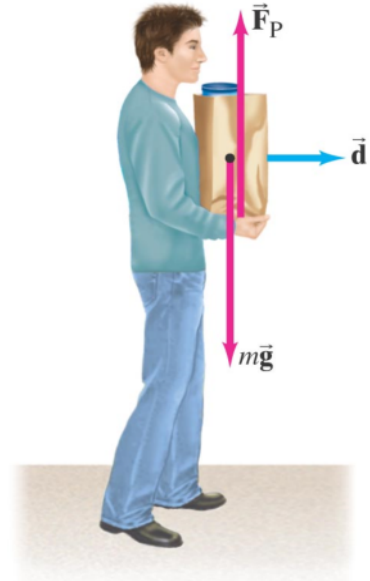


FIGURA 7–1 Una persona jala una caja a lo largo del piso. El trabajo hecho por la fuerza $\vec{\mathbf{F}}$ es $W = Fd\cos\theta$, donde $\vec{\mathbf{d}}$ es el desplazamiento

7-1 Trabajo hecho por una Fuerza Constante

En el sistema **SI**, las unidades del trabajo son joules **(J)**:



$$1\ \mathrm{J} = 1\ \mathrm{N{\cdot}m}$$

Siempre y cuando esta persona no suba o baje la bolsa de alimentos el no hace trabajo sobre ella. La fuerza que el ejerce no tiene componente en la dirección del movimiento.

FIGURA 7–2 En este caso, la persona no efectúa trabajo sobre la bolsa de comestibles, ya que $\vec{\mathbf{F}}_P$ es perpendicular al desplazamiento $\vec{\mathbf{d}}$.

Resolviendo problemas de trabajo:

1. Dibuja un diagrama de cuerpo libre.
2. Elije un sistema de coordenadas.
3. Aplica las leyes de Newton para determinar alguna fuerza desconocida.
4. Encuentra el trabajo hecho por una fuerza específica.

Resolviendo problemas de trabajo:

5. Para encontrar el trabajo neto, ya sea

   a) calcula la fuerza neta y calcula el trabajo hecho por ella, ó

   b) calcula el trabajo hecho por cada fuerza y súmalos.

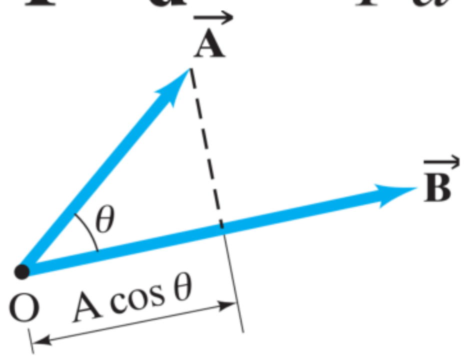
7-2 Producto Escalar de Dos Vectores

Definición de producto escalar, o producto punto:

$$\vec{\mathbf{A}} \cdot \vec{\mathbf{B}} = AB\cos\theta,$$

Así, puedes escribir:

$$W = \vec{\mathbf{F}} \cdot \vec{\mathbf{d}} = Fd\cos\theta.$$



7-3 Trabajo hecho por una Fuerza Variable

Una fuerza variable actúa sobre una partícula. Claramente se ve que, $\vec{\mathbf{F}} \cdot \boldsymbol{d}$ no es constante!

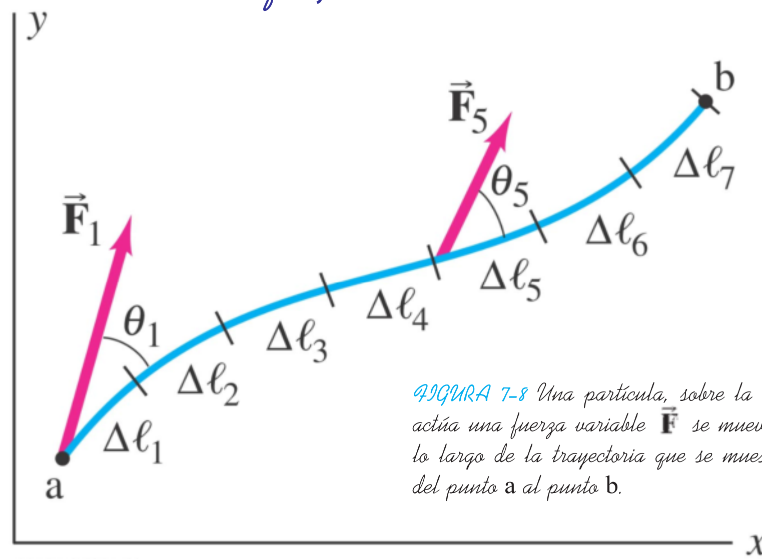


FIGURA 7-8 Una partícula, sobre la que actúa una fuerza variable $\vec{\mathbf{F}}$ se mueve a lo largo de la trayectoria que se muestra del punto a al punto b.

7-3 Trabajo hecho por una Fuerza Variable

Para una fuerza que varía, el trabajo puede ser aproximado dividiendo la distancia en piezas pequeñas, se encuentra el trabajo hecho en cada una, y se los suma.

$$W \approx \sum_{i=1}^{7} F_i \cos\theta_i \, \Delta\ell_i$$

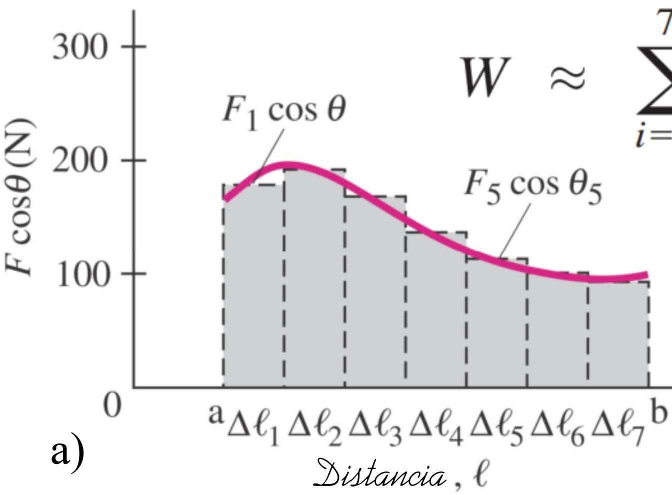


FIGURA 7-9 El trabajo realizado por una fuerza F es a) aproximadamente igual a la suma de las áreas de los rectángulos, b) exactamente igual al área bajo la curva de $F\cos\theta$ versus ℓ.

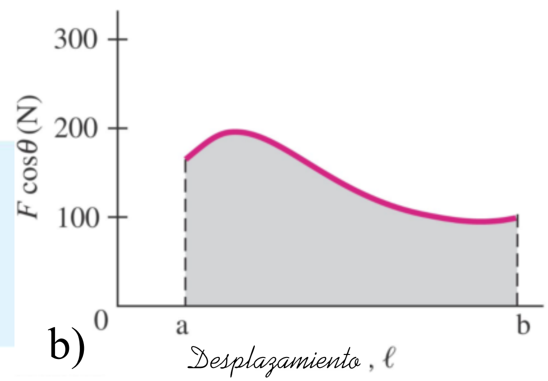
7-3 Trabajo hecho por una Fuerza Variable

En el límite estas piezas llegan a ser infinitamente pequeñas, el trabajo es el área bajo la curva:

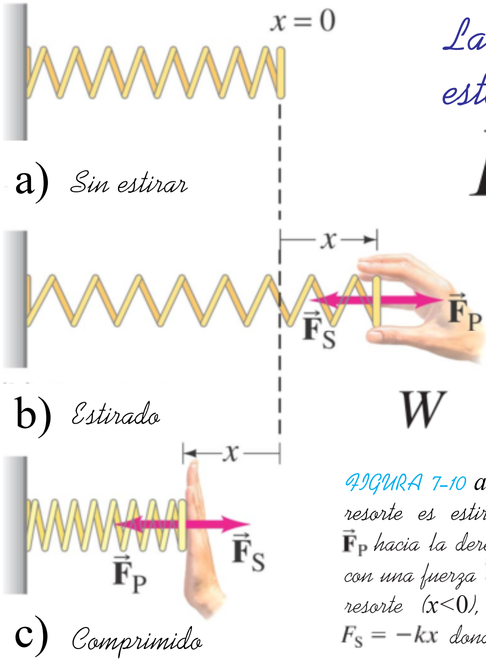
$$W = \lim_{\Delta\ell_i \to 0} \Sigma F_i \cos\theta_i \, \Delta\ell_i = \int_a^b F\cos\theta \, d\ell.$$

O:

$$W = \int_a^b \vec{\mathbf{F}} \cdot d\vec{\boldsymbol{\ell}}.$$



7-3 Trabajo hecho por una Fuerza Variable



La fuerza ejercida por un resorte está dada por:

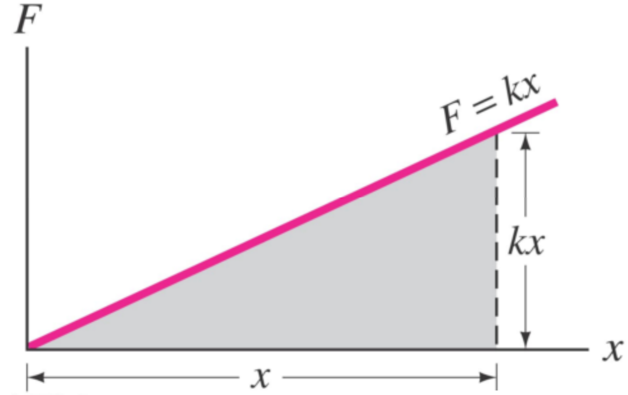
$$F_S = -kx$$

Trabajo hecho por la fuerza de un resorte:

$$W = \tfrac{1}{2}(x)(kx) = \tfrac{1}{2}kx^2$$

FIGURA 7–10 a) Resorte en posición normal (sin estirar). b) El resorte es estirado por una persona que ejerce una fuerza $\vec{F}_P$ hacia la derecha (sentido positivo). El resorte jala de regreso con una fuerza $\vec{F}_S$ donde $F_S = -kx$. c) La persona comprime el resorte ($x<0$), y éste empuja de regreso con una fuerza $F_S = -kx$ donde $F_S > 0$ porque $x < 0$.

7-3 Trabajo hecho por una Fuerza Variable



Gráfica de **F** vs **x**. El trabajo hecho es igual a el área sombreada.

FIGURA 7–11 El trabajo hecho al estirar un resorte una distancia x es igual al área triangular bajo la curva $F = kx$. El área de un triángulo es $\frac{1}{2} \times$ base $\times$ altura por lo que: $W = \frac{1}{2}(x)(kx) = \frac{1}{2}kx^2$

$$W_P = \int_{x_a=0}^{x_b=x} [F_P(x)\,\hat{\mathbf{i}}] \cdot [dx\hat{\mathbf{i}}] = \int_0^x F_P(x)\,dx$$

$$= \int_0^x kx\,dx = \tfrac{1}{2}kx^2\Big|_0^x = \tfrac{1}{2}kx^2$$

7-4 Energía Cinética y el Principio del Trabajo-Energía

La Energía fue tradicionalmente definida como la capacidad para hacer trabajo. Ahora se sabe que no todas las fuerzas son capaces de hacer trabajo; sin embargo, se trata en este capítulo con la energía mecánica, la cual cumple esta definición.

7-4 Energía Cinética y el Principio del Trabajo-Energía

Si se escribe la aceleración en términos de la velocidad y la distancia, se puede encontrar el trabajo hecho por F_{net} como:

$$W_{net} = \tfrac{1}{2}mv_2^2 - \tfrac{1}{2}mv_1^2$$

Se define la energía cinética:

$$K = \tfrac{1}{2}mv^2.$$

FIGURA 7–14 Una fuerza neta constante F_{net} acelera un automóvil desde una rapidez v_1 hasta una rapidez v_2 a lo largo de un desplazamiento d. El trabajo efectuado es $W_{net} = F_{net}d$.

7-4 Energía Cinética y el Principio del Trabajo-Energía

Esto significa que el trabajo hecho igual al cambio en la energía cinética:

$$W_{net} = \Delta K = \tfrac{1}{2}mv_2^2 - \tfrac{1}{2}mv_1^2.$$

· Si el trabajo neto es positivo, la energía cinética se incrementa.

· Si el trabajo neto es negativo, la energía cinética decrece.

7-4 Energía Cinética y el Principio del Trabajo-Energía

Puesto que el trabajo y la energía cinética pueden ser igualadas, ellos deberían tener las mismas unidades: la energía cinética se mide en joules. La energía puede ser considerada como la capacidad para hacer trabajo.

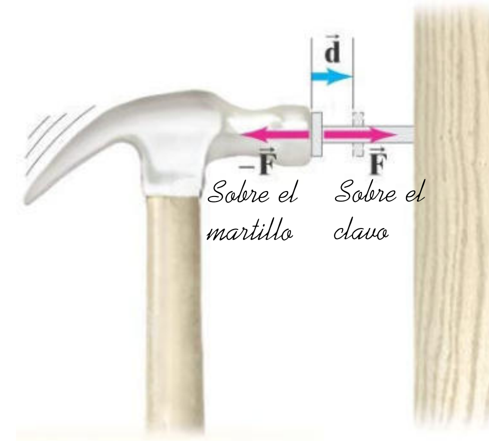


FIGURA 7–15 Un martillo en movimiento golpea un clavo y llega al reposo. El martillo ejerce una fuerza F sobre el clavo; éste ejerce una fuerza $-F$ sobre el martillo (tercera ley de Newton). El trabajo hecho sobre el clavo (n) por el martillo es positivo $(W_n = Fd > 0)$. El trabajo realizado sobre el martillo (h) por el clavo es negativo $(W_h = -Fd)$.

7-4 Energía Cinética y el Principio del Trabajo-Energía

El principio del trabajo y la energía es válido para el movimiento unidimensional con una fuerza constante. Pero, tal principio es válido incluso si la fuerza es variable y el movimiento es en dos o tres dimensiones.

Supón que la fuerza neta sobre una partícula varía tanto en magnitud como en dirección, y que la trayectoria de la partícula es una curva, como se ilustra en la Figura 7- 8.

7-4 Energía Cinética y el Principio del Trabajo-Energía

La fuerza neta podría considerarse como una función de ℓ, la distancia a lo largo de la curva. El trabajo neto efectuado es

$$W_{net} = \int \vec{\mathbf{F}}_{net} \cdot d\vec{\boldsymbol{\ell}} = \int F_{net} \cos\theta \, d\ell = \int F_{\parallel} \, d\ell,$$

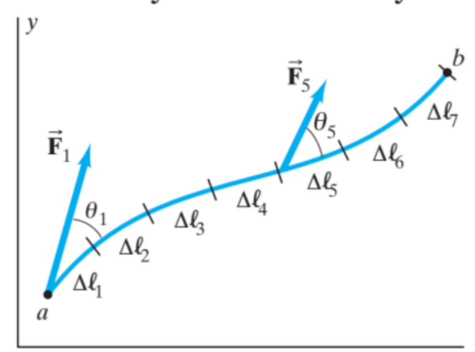


FIGURA 7–8 (repetida) Una partícula sobre la que actúa una fuerza variable $\vec{\mathbf{F}}$ se mueve a lo largo de la trayectoria que se muestra del punto a al punto b.

7-4 Energía Cinética y el Principio del Trabajo-Energía

$$F_{\parallel} = ma_{\parallel} = m\frac{dv}{dt},$$

Se puede pensar en v como una función de ℓ, y usando la regla de la cadena para las derivadas, se tiene que

$$\frac{dv}{dt} = \frac{dv}{d\ell}\frac{d\ell}{dt} = \frac{dv}{d\ell}v,$$

$d\ell/dt$ es la rapidez v. Entonces (si 1 y 2 representan las cantidades inicial y final, respectivamente) tienes

7-4 Energía Cinética y el Principio del Trabajo-Energía

$$W_{\text{net}} = \int_1^2 F_{\parallel}\, d\ell = \int_1^2 m\frac{dv}{dt}\, d\ell = \int_1^2 mv\frac{dv}{d\ell}\, d\ell = \int_1^2 mv\, dv,$$

que se integra a

$$W_{\text{net}} = \tfrac{1}{2}mv_2^2 - \tfrac{1}{2}mv_1^2 = \Delta K.$$

Esto, de nuevo, es el principio del trabajo y la energía, que ahora obtuviste para el movimiento en tres dimensiones con una fuerza neta variable, usando las definiciones de trabajo y energía cinética además de la segunda ley de Newton.

Resumen del Capítulo 7

- Trabajo:

$$W = Fd\cos\theta = \vec{\mathbf{F}}\cdot\vec{\mathbf{d}}$$

- Trabajo hecho por una fuerza variable:

$$W = \int_a^b \vec{\mathbf{F}}\cdot d\vec{\boldsymbol{\ell}} = \int_a^b F\cos\theta\, d\ell$$

- Energía cinética de movimiento:

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

Resumen del Capítulo 7

- Principio del trabajo-energía: El trabajo neto hecho sobre un objeto es igual al cambio de su energía cinética.

$$W_{\text{net}} = \Delta K = \tfrac{1}{2}mv_2^2 - \tfrac{1}{2}mv_1^2$$


Fin del Capítulo
parameter space of
M-Theory
Standard Model of Elementary Particles
QUARKS
LEPTONS
GAUGE BOSONS
SCALAR BOSONS
Capítulo 7. Física Básica. Marlon Basantes Valverde, Ph.D