



Bolilla 5: Trabajo. Energía. Potencia



Bolilla 5: Trabajo. Energía. Potencia

5.1 Trabajo

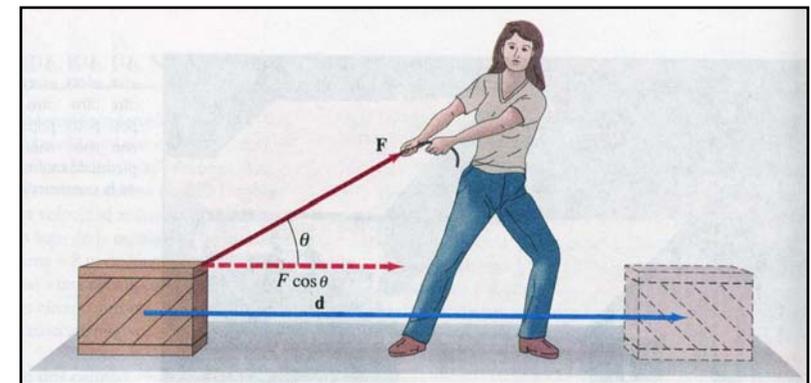
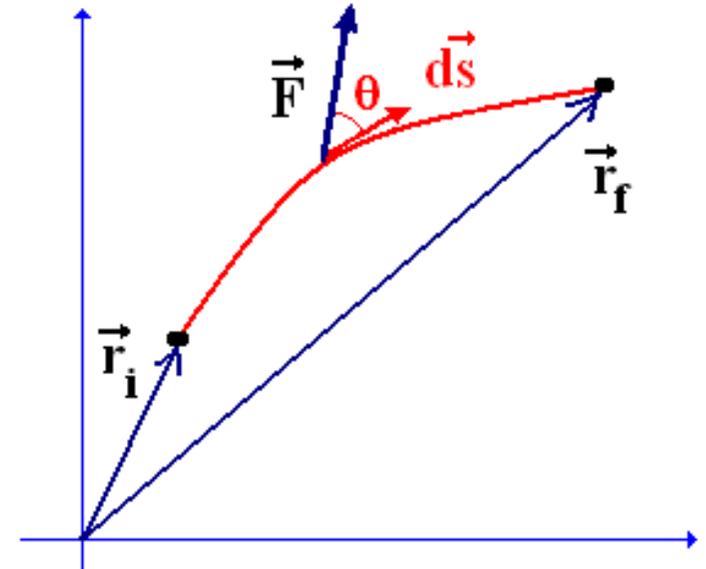
Sean \vec{r}_i y \vec{r}_f , respectivamente, las posiciones inicial y final de un cuerpo, s la trayectoria seguida por el mismo en su movimiento, y $d\vec{s}$ un diferencial de esta trayectoria. Si sobre el cuerpo actúa la fuerza \vec{F} , se denomina trabajo a la integral:

$$W = \int_{r_i}^{r_f} \vec{F} \cdot d\vec{s}$$

Unidades: 1 Joule (J) = 1 Nt 1 m (SI)
1 Ergio = 1 dina 1 cm (CGS)

Si θ es el ángulo entre los vectores \vec{F} y $d\vec{s}$, entonces:

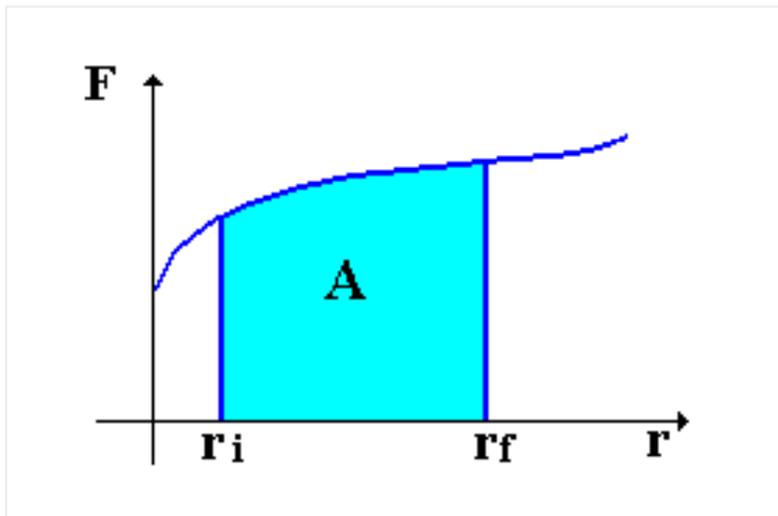
$$W = \int_{r_i}^{r_f} F \cos\theta \, ds$$





Consecuencias:

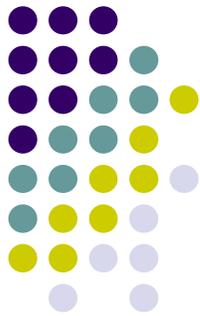
- Si la fuerza es constante, el trabajo es directamente el producto del módulo de la componente de F en la dirección del desplazamiento por el módulo del desplazamiento.
- El trabajo efectuado por fuerzas normales al desplazamiento es nulo.
- En un gráfico F vs r , el trabajo efectuado por la fuerza F en la trayectoria desde r_i a r_f , es equivalente al área bajo la curva entre estos dos límites:



Un diagrama que muestra un objeto azul cuadrado que se mueve a lo largo de una superficie horizontal. Una fuerza \vec{F} (vector rojo) actúa sobre el objeto, formando un ángulo θ con la dirección del movimiento. El desplazamiento $d\vec{r}$ (vector verde) es horizontal. El vector fuerza resultante \vec{F}_i (vector negro) apunta horizontalmente a la izquierda, y el vector fuerza resultante \vec{F}_f (vector negro) apunta horizontalmente a la derecha.

$$W = \int_{r_i}^{r_f} \vec{F} \cdot d\vec{r} = \int_{r_i}^{r_f} F \cos\theta \, dr = F \cos\theta \int_{r_i}^{r_f} dr$$
$$W = F \Delta r \cos\theta$$

- Si existen más de una fuerza aplicada, el trabajo total efectuado sobre el objeto, es la sumatoria de los trabajos correspondientes a cada una de las fuerzas actuantes, y a su vez, el trabajo total es igual al trabajo efectuado por la fuerza resultante.



5.2 Energía Cinética

Energía: La energía de un cuerpo es la capacidad que posee el mismo para realizar trabajo.

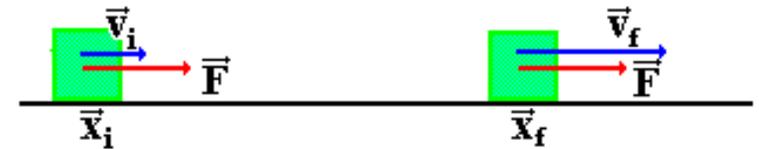
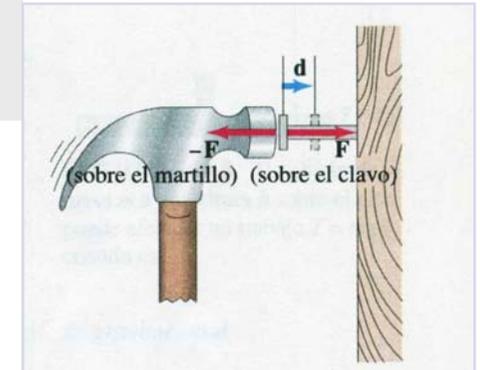
La **Energía Cinética** de un objeto es el trabajo que éste puede realizar en virtud de su movimiento. Si **m** es la masa del objeto, y **v** el módulo de su velocidad, la energía cinética del mismo es:

$$E_c = \frac{1}{2} m v^2$$

El trabajo realizado sobre un objeto y su energía cinética se relacionan mediante el siguiente principio fundamental

Principio del Trabajo y la Energía Cinética

El **trabajo total** realizado sobre un objeto por todas las fuerzas que actúan sobre él, incluyendo la fuerza de rozamiento y gravitatoria, es igual al **cambio en la Energía Cinética** del objeto.



$$W = \int_{x_i}^{x_f} \vec{F} \cdot d\vec{x} = \int_{x_i}^{x_f} F dx = \int_{x_i}^{x_f} m \frac{dv}{dt} dx$$

$$W = \int_{v_i}^{v_f} m v dv = \left. \frac{mv^2}{2} \right|_{v_i}^{v_f} = \frac{mv_f^2 - mv_i^2}{2}$$

$$W = E_{c_f} - E_{c_i} = \Delta E_c$$



5.3 Energía Potencial y Fuerzas Conservativas

Apliquemos el Principio del Trabajo y la Energía Cinética a un bloque arrastrado a lo largo de un plano inclinado, y analicemos por separado el trabajo efectuado por la fuerza peso:

$$W_{\text{total}} = \Delta E_c$$

$$W_F + W_N + W_P = \Delta E_c$$

$$F x + 0 + (-mg \operatorname{sen} \theta x) = E_{cf} - E_{ci}$$

pero:

$$h_f - h_i = x \operatorname{sen} \theta$$

entonces:

$$F x - mg(h_f - h_i) = E_{cf} - E_{ci}$$

$$F x = mgh_f - mgh_i + E_{cf} - E_{ci}$$

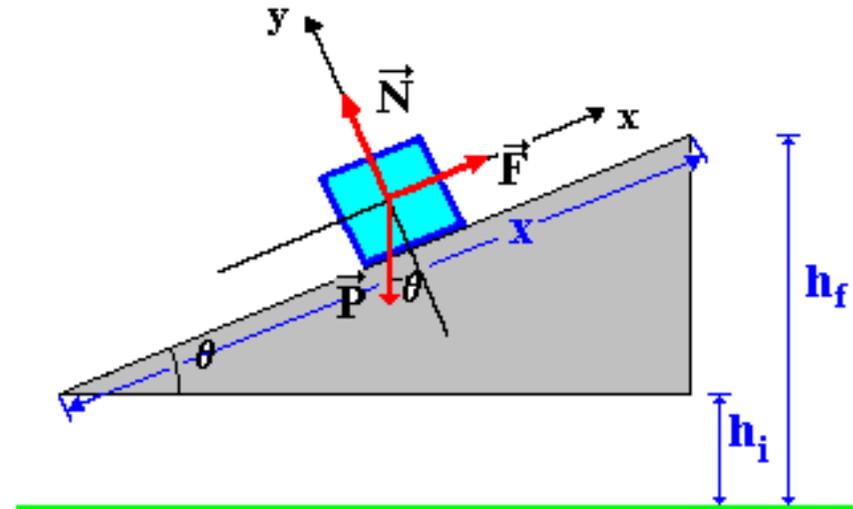
Si definimos:

$$U = mgh$$

como la **Energía Potencial Gravitatoria**, entonces el trabajo es:

$$W = (E_{cf} - E_{ci}) + (U_f - U_i)$$

En ausencia de rozamiento, el trabajo efectuado por la fuerza aplicada es igual a la variación de energía cinética más la variación de energía potencial.





Si la fuerza aplicada es cero, entonces:

$$(E_{cf} - E_{ci}) + (U_f - U_i) = 0$$

o, igualmente:

$$E_{ci} + U_i = E_{cf} + U_f$$

La **Energía Mecánica** de un objeto es la suma de sus **energías cinética y potencial**:

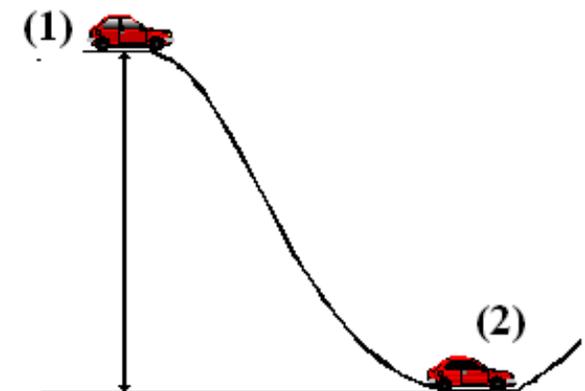
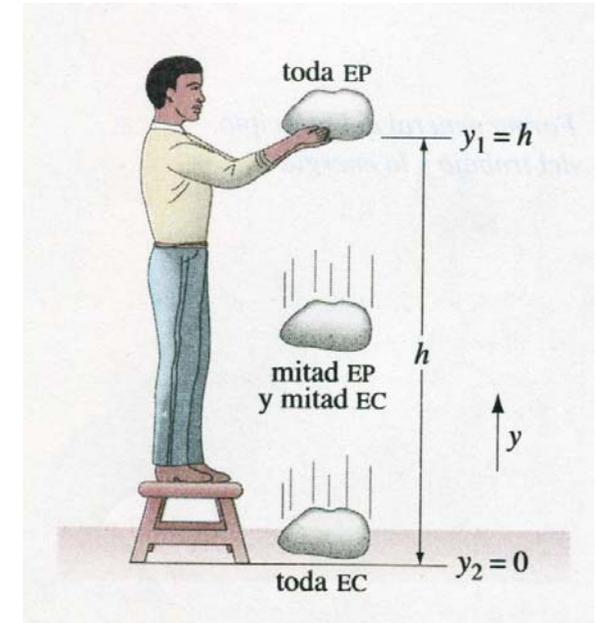
$$E = E_c + U$$

Principio de Conservación de la Energía Mecánica:

En ausencia de toda fuerza que realice trabajo, con excepción de la fuerza gravitatoria, la energía mecánica total es constante.

Fuerzas Conservativas:

Un fuerza es conservativa cuando el trabajo realizado por la misma al trasladar un objeto entre dos posiciones no depende de la trayectoria seguida por el objeto.



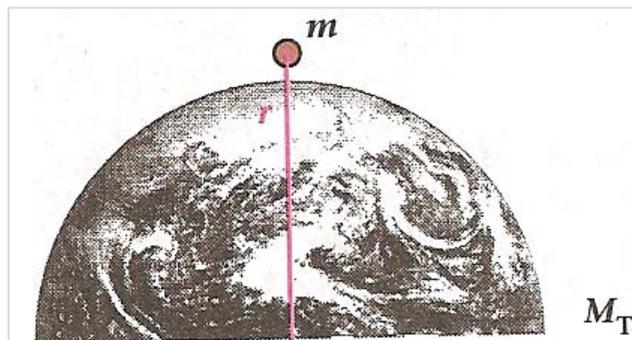


Fuerzas conservativas

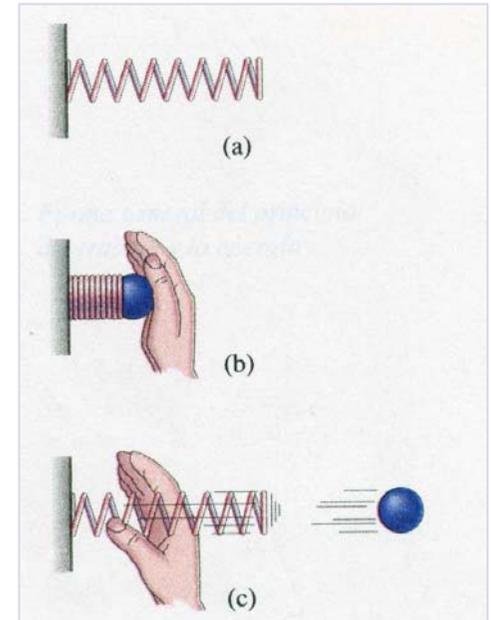
Las fuerzas eléctricas, gravitatorias y elásticas son ejemplos de **fuerzas conservativas**.

Para una fuerza conservativa, es posible definir en cada punto del espacio una magnitud (escalar) U , denominada energía potencial, tal que el trabajo efectuado por la fuerza al desplazar un objeto desde el punto A al punto B es:

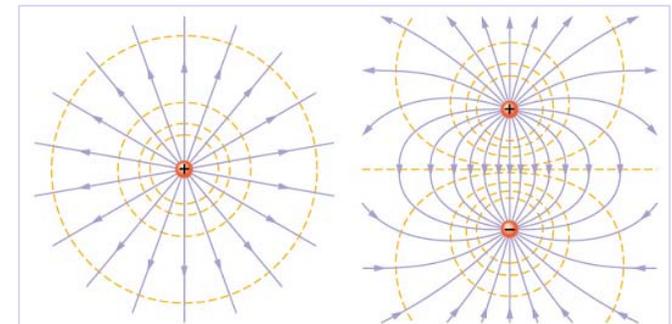
$$W_{AB} = U_A - U_B$$



Energía Potencial Gravitatoria



Energía potencial elástica

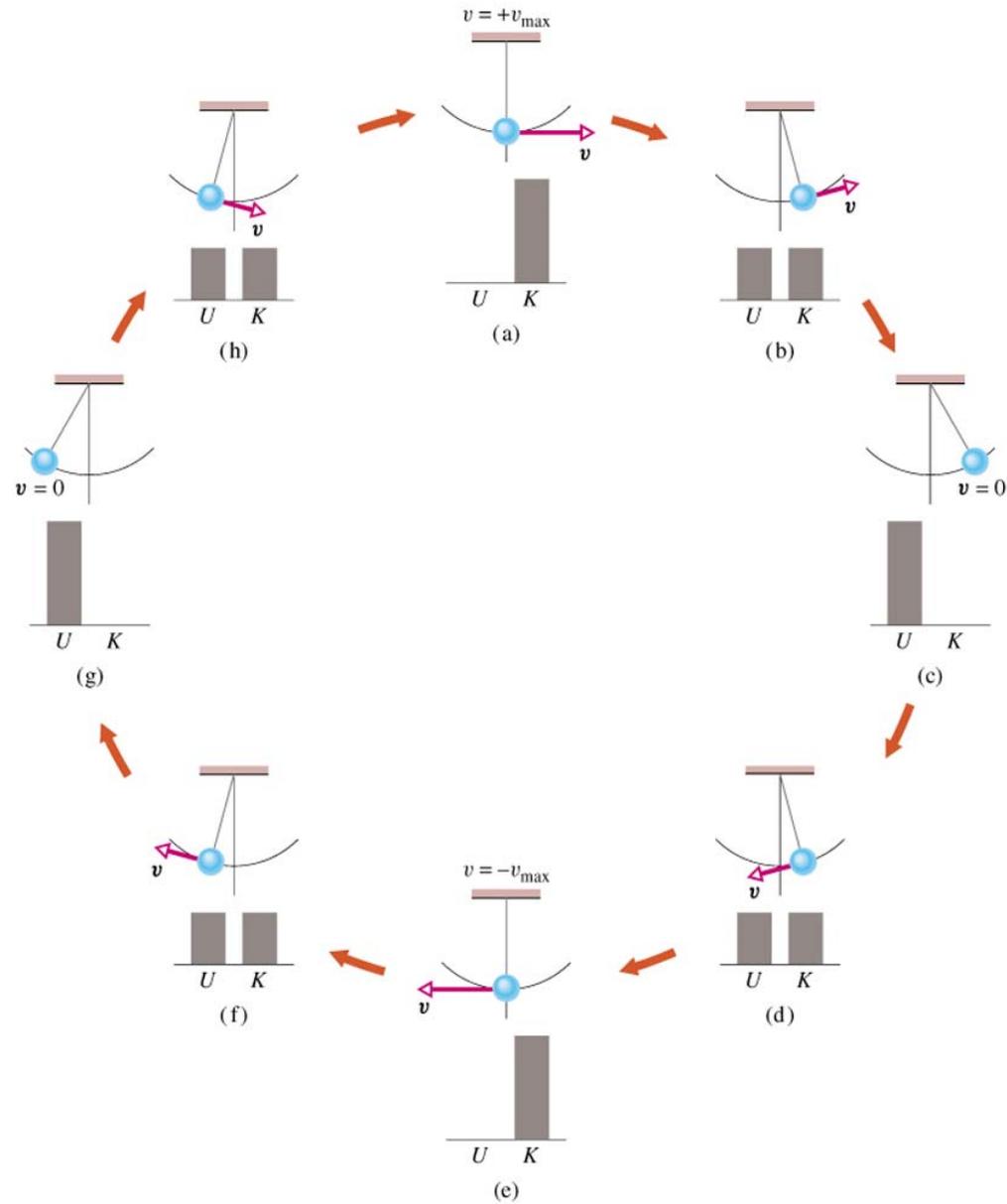


Energía potencial eléctrica

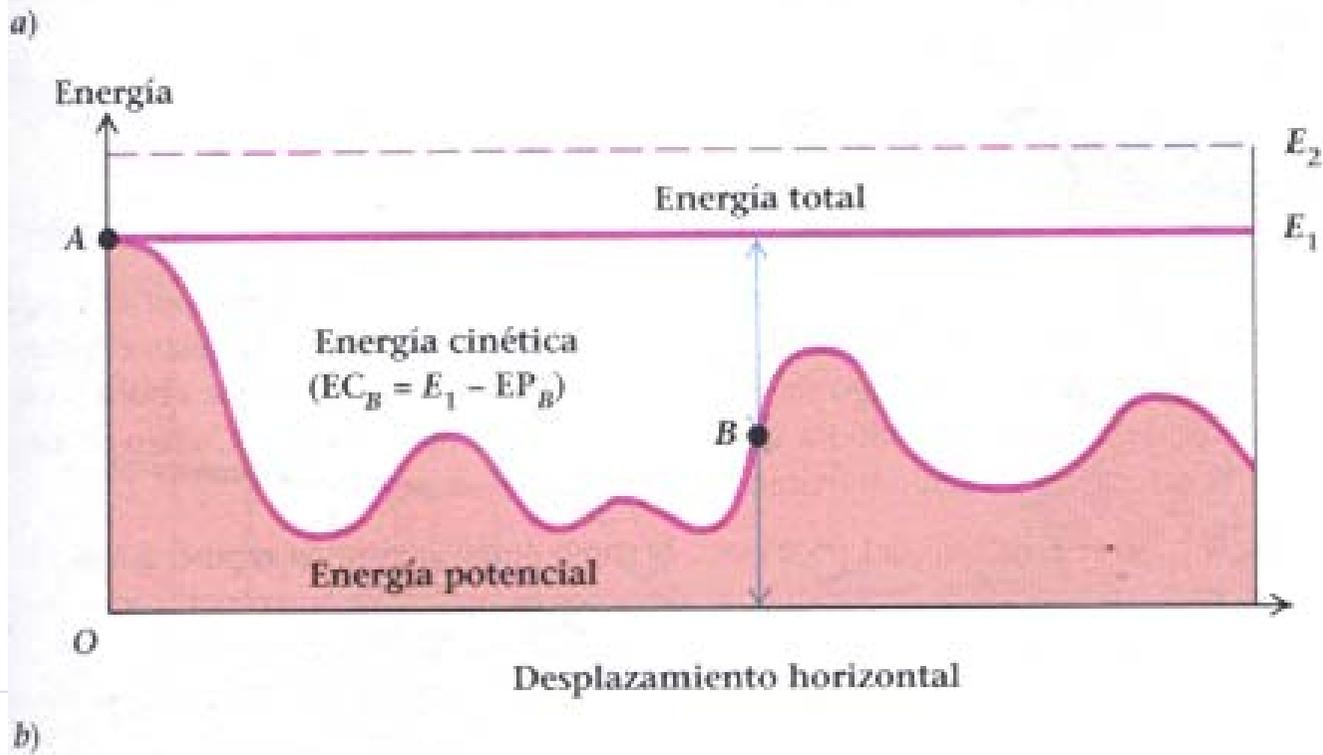
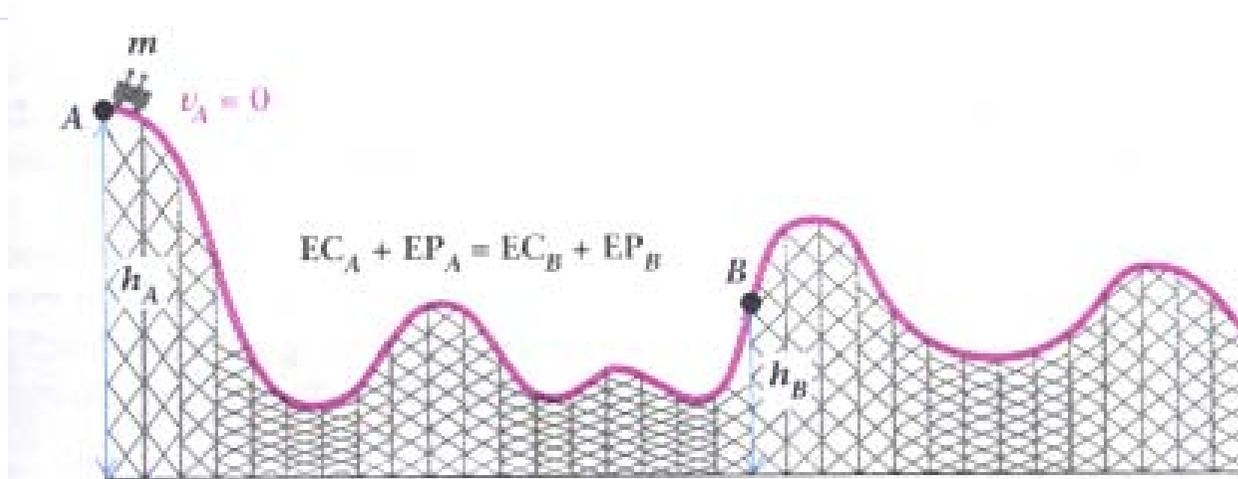
Conservación de la Energía Mecánica. Ejemplos



Péndulo Ideal



Intercambio de energía mecánica en la Montaña Rusa





5.4 Fuerzas Disipativas

Las fuerzas que no tienen la propiedad de las fuerzas conservativas se denominan **Fuerzas No conservativas o Disipativas**. Por ejemplo, las fuerzas de rozamiento. El trabajo realizado por estas fuerzas, es siempre negativo y depende del camino.

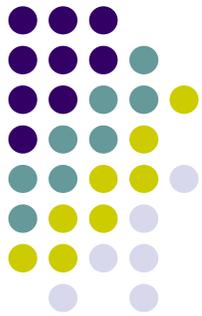
La energía que pierde un objeto debido a las fuerzas de rozamiento se convierte, en general, en energía calórica y, en consecuencia, su energía mecánica disminuye.

Generalizando los resultados obtenidos en el punto anterior, el trabajo efectuado por las fuerzas aplicadas, si se tiene en cuenta el rozamiento, será:

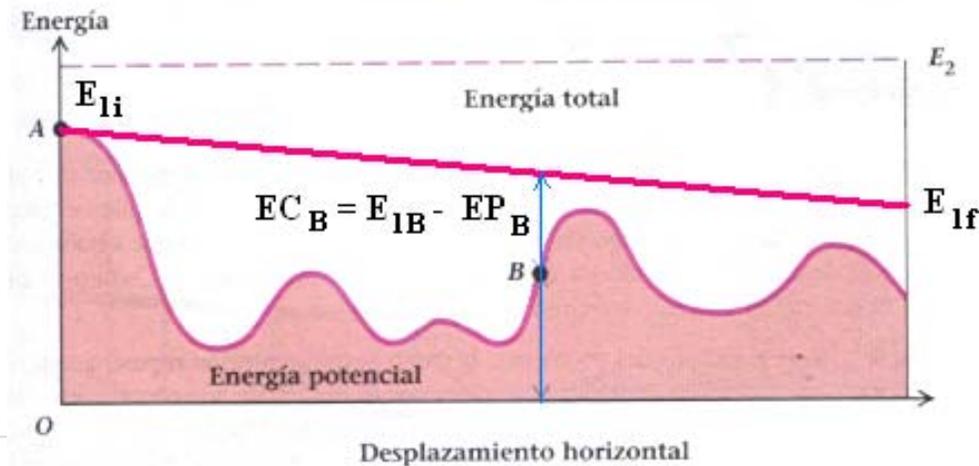
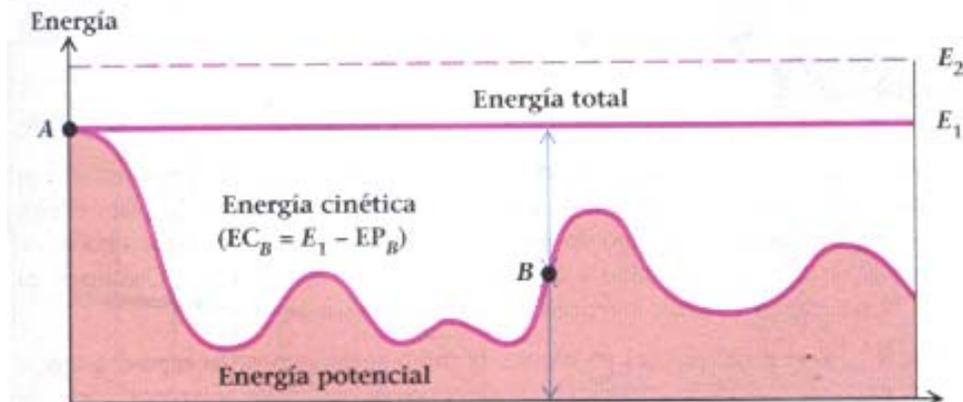
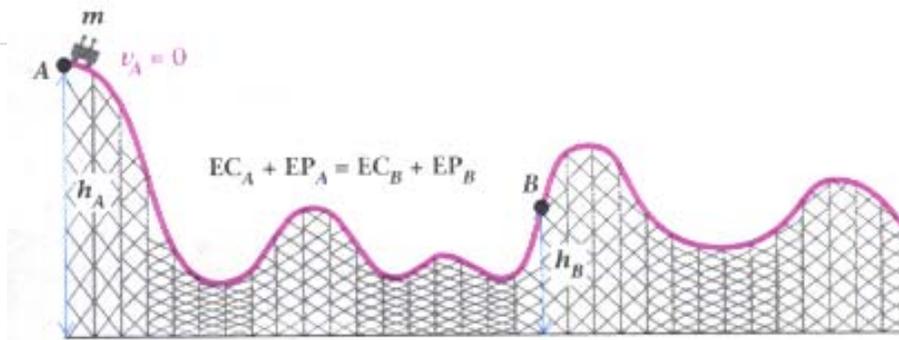
$$W_a = E_c - E_{ci} + U - U_i + Q$$

donde Q es la energía disipada por rozamiento, equivalente al trabajo efectuado por esta fuerza. Si μ_k es el coeficiente de rozamiento, N el módulo de la fuerza normal, y s el módulo del desplazamiento, entonces:

$$Q = \mu_k N s$$



Intercambio de energía mecánica en la Montaña Rusa



[Simulación: péndulo ideal](#)

[Simulación: resorte-masa](#)

Sin rozamiento

$$E_{1i} = E_{1f}$$

Con rozamiento

$$E_{1i} > E_{1f}$$

$$E_{1i} - E_{1f} = Q$$



5.5 Potencia

Potencia es la velocidad con la cual se realiza trabajo.

Cuando se realiza el trabajo **W** en un intervalo de tiempo **t**, la potencia media se define:
La potencia instantánea se encuentra considerando intervalos de tiempo cada vez menores:

$$P = \frac{dW}{dt}$$

Unidades:

[P] = vatio (Watt); 1 W = 1 J/s

1 Hp = 746 W

Dispositivo	Potencia aproximada (en W)
Presa Hoover	1.92×10^9
Avión jumbo jet	1.3×10^8
Uso de energía química de un automóvil a 60 mph	1.1×10^5
Estufa eléctrica	1.2×10^4
Secadora de ropa	5.6×10^3
Consumo eléctrico promedio <i>per cápita</i> (Estados Unidos)	1.5×10^3
Potencia solar disponible por metro cuadrado (promedio en Estados Unidos durante las 24 horas del día)	180
TV a color de estado sólido	120
Lámpara de destellos de halógeno de dos baterías	1.5
Calculadora de bolsillo (pantalla de cristal líquido)	7.5×10^{-4}