TRABAJO REALIZADO POR UNA FUERZA

Sentido físico del trabajo (trabajo mecánico)

Trabajo es el término que emplea la Física para medir la energía que un cuerpo gana o pierde por la acción de las fuerzas que se ejercen sobre el cuerpo.

El trabajo es una forma de transferencia de energía entre dos cuerpos. Cuando un cuerpo A ejerce una fuerza sobre un cuerpo B, en función de la orientación de esa fuerza y del desplazamiento del cuerpo B, puede haber una transferencia de energía entre el cuerpo A y el cuerpo B.

TRABAJO REALIZADO POR UNA FUERZA

Cálculo y unidades

- El **trabajo mecánico** realizado por una fuerza constante, $\vec{F}$, que actúa sobre un cuerpo que experimenta un desplazamiento, $\Delta\vec{r}$, es igual al producto escalar entre la fuerza y el desplazamiento. Es decir:

$$W = \vec{F}\,\Delta\vec{r} = F\,\Delta r \cos\theta$$

- La unidad de trabajo mecánico en el sistema internacional es el **julio (J)**, que se define como el trabajo que realiza una fuerza de 1 N aplicada en la dirección del movimiento para producir un desplazamiento de 1 m. Así pues:

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

- Como consecuencia de la definición, **el trabajo es una magnitud escalar** (exclusivamente numérica).

TRABAJO REALIZADO POR UNA FUERZA

Valor del trabajo en función del ángulo

- Si la **fuerza que actúa es perpendicular al desplazamiento,** no realiza ningún trabajo. La razón es que, en este caso, $\theta = 90°$, por lo que $\cos\theta = 0$ y, en consecuencia, $W = 0$ (figura 12.8.a).
- Si la **fuerza actúa en la misma dirección y sentido del desplazamiento,** el trabajo que realiza es máximo. En este caso, $\theta = 0°$; por tanto, $\cos\theta = 1$ y, en consecuencia, $W = F\,\Delta r$ (figura 12.8.b).
- Si la **dirección de la fuerza forma cierto ángulo con la dirección del desplazamiento,** solo realiza trabajo la componente de la fuerza que actúa en la dirección del desplazamiento. Por la definición del producto escalar, vemos que $F\cos\theta$ es justamente la componente de $\vec{F}$ en la dirección del desplazamiento (figura 12.8.c).
- Si el **sentido de actuación de la fuerza o de su componente en la dirección del desplazamiento es contrario a este,** el trabajo realizado por dicha fuerza es negativo, pues se opone al desplazamiento. Esto ocurre cuando el ángulo que forman F y el desplazamiento tiene un valor de entre 90° y 180°. El coseno de cualquier ángulo comprendido entre esos valores es negativo (figura 12.8.d).

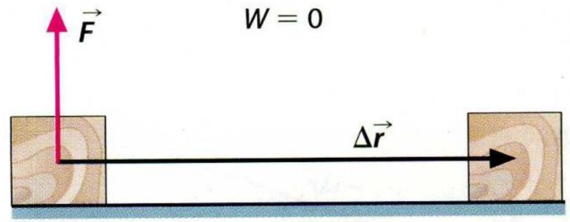


FIGURA 12.8.a.

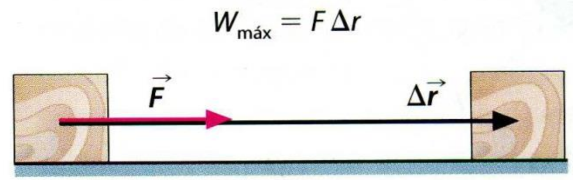


FIGURA 12.8.b.

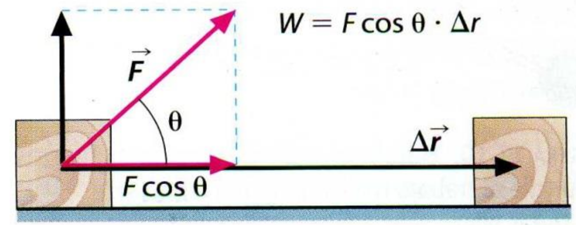


FIGURA 12.8.c.

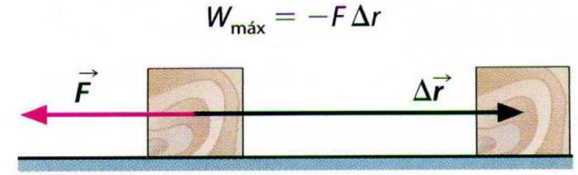


FIGURA 12.8.d.

TRABAJO REALIZADO POR UNA FUERZA

Trabajo total, trabajo resultante o trabajo realizado por varias fuerzas

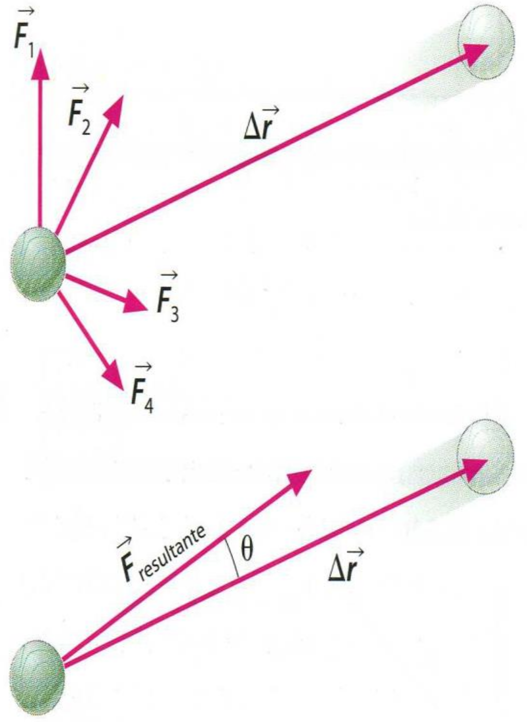


FIGURA 12.10. El trabajo realizado por varias fuerzas equivale al trabajo realizado por la resultante de todas ellas.

Cuando son varias las fuerzas que actúan sobre un mismo cuerpo, entonces el trabajo realizado por dichas fuerzas al desplazar el cuerpo es el mismo que el que realizaría la resultante de todas ellas (figura 12.10). La razón es bien sencilla: podemos imaginar que cada una de las fuerzas que actúan realiza su «trabajo particular» al desplazar el cuerpo entre las posiciones inicial y final, de modo que el trabajo total es la suma de los trabajos efectuados por cada una de ellas. Es decir:

$$W = W_1 + W_2 + W_3 + \ldots + W_n$$

Si $\vec{F}_1, \vec{F}_2, \vec{F}_3 \ldots \vec{F}_n$ son las fuerzas que actúan mientras el cuerpo se desplaza $\Delta\vec{r}$, entonces:

$$W = \vec{F}_1\,\Delta\vec{r} + \vec{F}_2\,\Delta\vec{r} + \ldots + \vec{F}_n\,\Delta\vec{r} = (\vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \ldots + \vec{F}_n)\,\Delta\vec{r}$$

Ahora bien, la suma vectorial de todas las fuerzas es justamente la resultante de todas ellas. Por tanto, el trabajo efectuado por esas fuerzas equivale al trabajo realizado por la resultante de todas ellas (figura 12.10):

$$W = \Sigma\vec{F}_i\,\Delta\vec{r} = F_{resultante}\,\Delta r\cos\theta$$

POTENCIA

Definición y unidades

La **potencia** es el trabajo realizado en la unidad de tiempo.

$$P = \frac{W}{t} \qquad\qquad 1 vatio\ (W) = \frac{1\ julio\ (J)}{1\ segundo\ (s)}$$

También se puede calcular así:

$$P = \frac{W}{t} = \frac{\vec{F} \cdot \Delta \vec{x}}{t} = \frac{F \cdot \Delta x \cdot \cos\alpha}{t} = \left\{ F_X = F \cdot \cos\alpha \right\} = \frac{F_X \cdot \Delta x}{t} = \left\{ v_X = \frac{\Delta x}{t} \right\} = F_X \cdot v_X$$

Hay que tener en cuenta que el kilovatio (kW) es una unidad de potencia y el kilovatio hora (kW h) es una unidad de trabajo:

$$1 kW\, h = 1 kW \cdot 1 h = 10^3\, W \cdot 3600\, s = 10^3\, \frac{J}{s} \cdot 3600\, s = 3{,}6 \cdot 10^6\ J$$

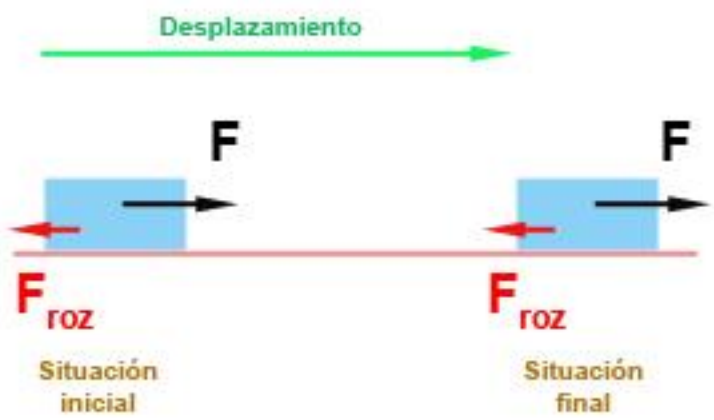
OTRAS UNIDADES DE POTENCIA

Caballo de vapor: 1 CV = 735,5 W

Caballo de potencia: 1 HP= 746 W

ENERGÍA MECÁNICA: CINÉTICA Y POTENCIAL

Teorema de las fuerzas vivas o teorema de la energía cinética



$$\vec{F}_{\text{resultante}} = \vec{F} + \vec{F}_{roz}$$

$$F_{\text{resultante}} = F - F_{roz}$$

$$W_{\text{Fuerza resultante}} = W_{Total} = \vec{F}_{\text{resultante}} \cdot \Delta\vec{x} = F_{\text{resultante}} \cdot \Delta x \cdot \cos\alpha = \left\{\alpha = 0^{o}\right\} = F_{\text{resultante}} \cdot \Delta x =$$

$$= \left\{F_{\text{resultante}} = m \cdot a\right\} = m \cdot a \cdot \Delta x = \left\{x - x_o = \frac{v^2 - v^2{}_o}{2 \cdot a}\right\} = m \cdot a \cdot \frac{v^2 - v^2{}_o}{2 \cdot a} = \frac{1}{2} m \cdot v^2 - \frac{1}{2} m \cdot v_o{}^2 =$$

$$= \left\{Ec = \frac{1}{2} m \cdot v^2\right\} = Ec - Ec_o = \Delta Ec$$

Teorema de las fuerzas vivas: $W_{\text{Fuerza resultante}} = \Delta Ec$

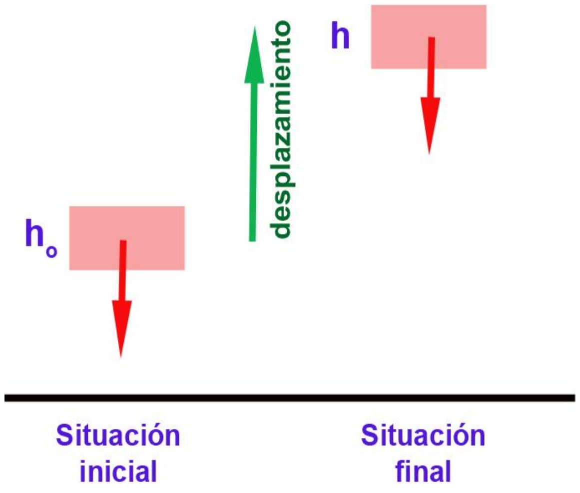
ENERGÍA MECÁNICA: CINÉTICA Y POTENCIAL

Teorema de la energía potencial

$$W_{\text{fuerza gravitatoria}} = W_{peso} = \vec{P}\cdot\Delta\vec{h} = P\cdot\Delta h\cdot\cos 180^{\text{o}} = m\cdot g\cdot(h-h_o)\cdot(-1) =$$

$$= -m\cdot g\cdot(h-h_o) = -(m\cdot g\cdot h - m\cdot g\cdot h_o) = \left\{Ep_g = m\cdot g\cdot h\right\} =$$

$$= -(Ep_g - Ep_{g_o}) = -\Delta Ep_g$$

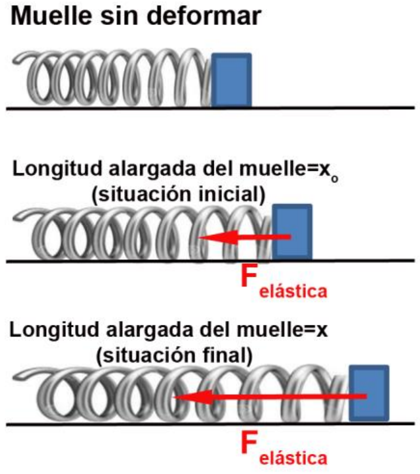


Energía potencial gravitatoria: $Ep_g = m\cdot g\cdot h$

Teorema de la energía potencial gravitatoria: $W_{\text{fuerza gravitatoria}} = -\Delta Ep_g$

Ley de Hooke: $F_{\text{elástica}} = k \ x$

(siendo "k" la constante elástica y "x" la distancia deformada del cuerpo elástico)



$$W_{\text{fuerza elástica}} = \vec{F}_{\text{elástica media}} \cdot \Delta\vec{x} = F_{\text{elástica media}} \cdot \Delta x \cdot \cos 180^{o} =$$

$$= \left\{ F_{\text{elástica media}} = \frac{F_e + F_o}{2} = \frac{k \cdot x + k \cdot x_o}{2} = \frac{k \cdot (x + x_o)}{2} \right\} =$$

$$= \frac{k \cdot (x + x_o)}{2} \cdot \Delta x \cdot (-1) = \left\{ \Delta x = x - x_o \right\} = -\frac{k \cdot (x + x_o)}{2} \cdot (x - x_o) =$$

$$= -\frac{1}{2} \cdot k \cdot (x^2 - x_o{}^2) = -\left(\frac{1}{2} \cdot k \cdot x^2 - \frac{1}{2} \cdot k \cdot x_o{}^2 \right) = \left\{ Ep_e = \frac{1}{2} \cdot k \cdot x^2 \right\} = = -(Ep_e - Ep_{e_o}) = -\Delta Ep_e$$

Energía potencial elástica: $Ep_e = \frac{1}{2} \cdot k \cdot x^2$

Teorema de la energía potencial elástica: $W_{\text{fuerza elástica}} = -\Delta Ep_e$

PRINCIPIOS DE CONSERVACIÓN DE LA ENERGÍA

Una **fuerza conservativa** es aquella cuyo trabajo realizado no depende del camino seguido, sólo depende de la posición inicial y final. Cada fuerza conservativa tiene asociada una energía potencial. Las fuerzas conservativas son tres: el peso, la fuerza elástica y la fuerza eléctrica. Cualquier fuerza que no sea una de esas tres es una **fuerza no conservativa**, por ejemplo: la fuerza de rozamiento y la fuerza de empuje que ejerce una persona.

• Teorema de conservación de la energía

Teorema de la energía cinética (teorema de las fuerzas vivas) : $W_{total} = \Delta Ec$

Teorema de la energía potencial : $W_{\text{Fuerzas conservativas}} = -\Delta Ep$

$$W_{total} = W_{\text{Fuerzas conservativas}} + W_{\text{Fuerzas no conservativas}}$$

$$\Delta Ec = -\Delta Ep + W_{\text{Fuerzas no conservativas}} \Rightarrow \Delta Ec + \Delta Ep = W_{\text{Fuerzas no conservativas}} \qquad \{Em = Ec + Ep\}$$

$$\Delta Em = W_{\text{Fuerzas no conservativas}} \quad \text{(Teorema de conservación de la energía)}$$

• Teorema de conservación de la energía mecánica

Si todas las fuerzas son conservativas($W_{\text{Fuerzas no conservativas}} = 0$): $\Delta Em = 0$ (Teorema de conservación de la energía mecánica)

Teorema de conservación de la energía: $\Delta Em = W_{\text{Fuerzas no conservativas}}$

Teorema de conservación de la energía mecánica: $\Delta Em = 0$