

Trabajo físico

Trabajo



La aplicación de una fuerza sobre un cuerpo que resulta en un desplazamiento y un cambio en el estado energético del cuerpo. Tiene el símbolo de W y unidad de joule [J]. Es un escalar.

escalar



$$W = \int \vec{F} \cdot d\vec{r} = \int F dr \cos \theta$$

OJO Recuerdan el producto escalar:

$$\vec{A} \cdot \vec{B} = |\vec{A}| |\vec{B}| \cos \theta$$

Por una fuerza constante

$$W = F \cos \theta \int_{r_i}^{r_f} dr = F \cos \theta \left. r \right|_{r_i}^{r_f} = F \cos \theta \Delta r$$

$$W = \vec{F} \cdot \Delta \vec{r}$$

$$\vec{F} \text{ y } \Delta \vec{r} \text{ misma dirección} \longrightarrow W > 0$$

$$\vec{F} \text{ y } \Delta \vec{r} \text{ dirección contraria} \longrightarrow W < 0$$

$$\vec{F} \perp \Delta \vec{r} \longrightarrow W = 0$$

$$\Delta \vec{r} = 0 \longrightarrow W = 0$$

OJO El producto escalar en la definición de trabajo implica una relación de causa y efecto entre la fuerza y el desplazamiento.

Considerar una fuerza neta actuando sobre un cuerpo.



La fuerza causa una aceleración que cambia el estado de movimiento del cuerpo.

$$\vec{F}_{neta} = m\vec{a} \quad a = \frac{v_f^2 - v_i^2}{2\Delta x}$$

utilizar la 3^{ra} ley
cinemática

$$\vec{F}_{neta} = m \frac{v_f^2 - v_i^2}{2\Delta x}$$

$$\vec{F}_{neta} \Delta x = m \left(\frac{1}{2} v_f^2 - \frac{1}{2} v_i^2 \right) = \frac{1}{2} m v_f^2 - \frac{1}{2} m v_i^2$$

trabajo neto

describe el
estado final

describe el
estado inicial

Trabajo neto



Suma de los trabajos que hacen todas las fuerzas sobre el cuerpo o el trabajo que hace la fuerza neta.

$$W_{neto} = \int \vec{F}_{neta} \cdot d\vec{r}$$

Energía cinética

El termino $\frac{1}{2}mv^2$ describe el **estado final o inicial** del cuerpo y también describe su **capacidad** para hacer un **trabajo físico** debido a su **movimiento**. Llamamos esa capacidad **energía cinética** traslacional.

Energía cinética



Una descripción del estado de un cuerpo indicando su capacidad para hacer un trabajo físico debido a su movimiento. Se simboliza por KE o E_k . Tiene unidad de joule [J].

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

masa

rapidez

Teorema energía-trabajo

$$W_{neto} = \frac{1}{2}mv_f^2 - \frac{1}{2}mv_i^2 = KE_f - KE_i$$

$$W_{neto} = \Delta KE \leftarrow \text{Teorema energía-trabajo}$$

$$\vec{F}_{neta} \cdot \Delta \vec{r} \longrightarrow \Delta KE$$

La acción de ejercer una **fuerza neta** sobre un cuerpo mientras que se **desplaza** por tanto tiene como **consecuencia directa** de **cambiar** su **energía cinética**.

si $W_{neto} > 0 (+) \longrightarrow KE$ aumenta

si $W_{neto} < 0 (-) \longrightarrow KE$ disminuye

Fuerza conservativa

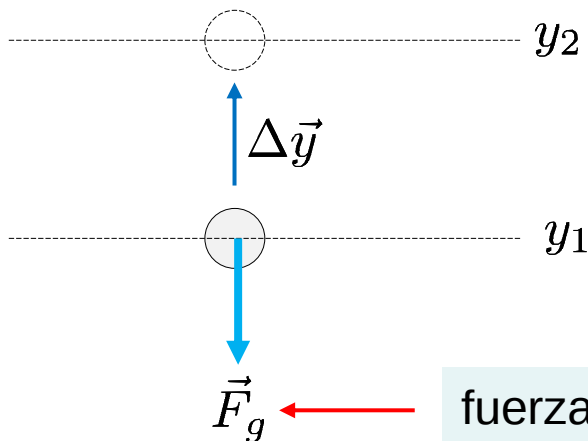


Fuerza cuyo trabajo que hace no depende de la trayectoria, pero solamente de los puntos inicial y final. Esa fuerza depende solamente de la posición y no por ejemplo de la velocidad.

Definición alterna:

El **trabajo** que hace una **fuerza conservativa** alrededor de una **trayectoria cerrada es cero**.

¿Cuál es la consecuencia de hacer un trabajo por una fuerza conservativa sobre un cuerpo?



trabajo conservativo W_c

$$W(F_g) = \vec{F}_g \cdot \Delta\vec{y} = -m g (y_f - y_i)$$

$$W(F_g) = \vec{F}_g \cdot \Delta\vec{y} = -(m g y_f - m g y_i)$$

fuerza conservativa

describe
el estado
final

describe
el estado
inicial

Energía potencial gravitacional

El termino mgy describe el **estado final** o **inicial** del cuerpo y también describe su **capacidad** para hacer un **trabajo físico** debido a su **position (altura)**. Llamamos esa capacidad **energía potencial gravitacional**.

Energía potencial gravitacional



Una descripción del estado de un cuerpo indicando su capacidad para hacer un trabajo físico debido a su posición (altura). Se simboliza por U_g . Tiene unidad de joule [J].

$$U_g = m g y + C$$

Diagram illustrating the components of the gravitational potential energy equation $U_g = m g y + C$:

- U_g : Gravitational potential energy (symbolized by U_g).
- m : mass (masa).
- g : gravitational field (campo gravitacional).
- y : height relative to a reference height (altura con respecto a una altura de referencia).
- C : constant fixing the value of U_g at the height $y = 0$ (constante fijando el valor de U_g a la altura de $y = 0$).

La constante C se ajusta a cualquier valor que nos conviene, típicamente $C = 0$. Físicamente se mide el ΔU_g entonces la C se cancela.

$$W(F_g) = \vec{F}_g \cdot \Delta\vec{y} = -(m g y_f - m g y_i)$$

$$W(F_g) = -\Delta U_g$$

Generalmente por cualquiera fuerza conservativa:

$$W_c = -\Delta U$$

La **consecuencia directa** a realizar un **trabajo** con una **fuerza conservativa** es de **cambiar la energía potencial**.

si $W_c > 0 (+)$ $\longrightarrow$ U disminuye

si $W_c < 0 (-)$ $\longrightarrow$ U aumenta

Por cada fuerza conservativa existe una energía potencial.

OJO La cantidad ΔU es más relevante que la cantidad U debido que se puede medir experimentalmente. La energía potencial *per se* no se puede medir.

Definición general para ΔU :

$$\Delta U = -W_c = - \int_{r_1}^{r_2} \vec{F}_c(r) \cdot d\vec{r}$$

Implicaciones:

1. **Energía potencial** se define **solamente** por una **fuerza conservativa**
2. F_c depende **solamente** de r
3. **Integral** tiene un **valor único** que depende de los **límites de integración**: estado **inicial** y **final**

3. Conservación de la energía

Un **sistema** que tiene **solamente fuerzas conservativas** se llama un **sistema conservativo**.

¿Cuál es la consecuencia de hacer un trabajo neto que involucra solamente fuerzas conservativas sobre un cuerpo?

$$W_{neto} = \int \vec{F}_c \cdot d\vec{r} = \Delta KE$$

$$W_c = -\Delta U$$

$$W_{neto} = -\Delta U = \Delta KE \longrightarrow \Delta KE + \Delta U = 0$$

En un **sistema conservativo** la **suma** de los **cambios** de la energía **cinética y potencial** es **cero**. Si la **energía cinética aumenta** la **potencial** tiene que **disminuir** y *viceversa*.

$$\Delta KE + \Delta U = 0$$

↓ por definición

$$(KE_f - KE_i) + (U_f - U_i) = 0$$

↓ combinando los términos
iniciales y finales

$$KE_i + U_i = KE_f + U_f$$

↓ por definición

$$ME_i = ME_f \longrightarrow \Delta ME = 0$$

Definimos $KE + \sum_i U_i$ como la energía mecánica.

$$ME = KE + \sum_i U_i$$

Resultado bien importante. En un **sistema conservativo no hay cambio** en la **energía mecánica**, la energía mecánica **se mantiene constante**, o sea, **se conserva**.

**ley de conservación de la
energía mecánica**

$$ME = \text{constante}$$

Conservación de la energía total

En la naturaleza hay fuerzas que pueden cambiar la energía mecánica de un sistema que llamamos **fuerzas no-conservativas**.

Fuerza no-conservativa



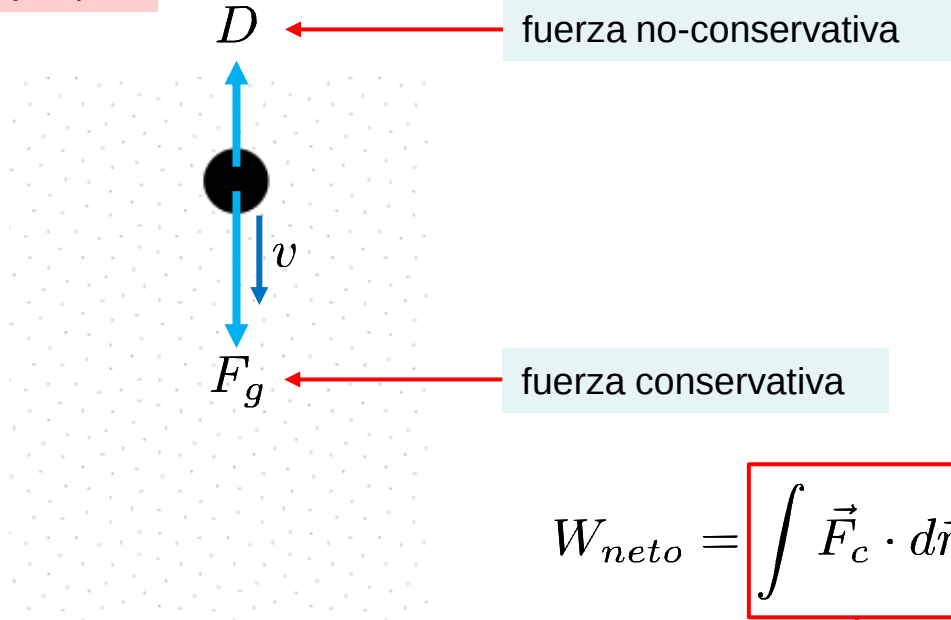
Fuerza cuyo trabajo que hace depende de la trayectoria y de los puntos inicial y final.

Ejemplos de fuerzas no-conservativas:

- fricción
- fuerza de resistencia
- fuerzas aplicadas (de contacto: halar y empujar o otras fuerzas que transfieren energía mecánica)

Vamos a hacer un **trabajo neto** sobre un cuerpo involucrando **fuerzas conservativas y no-conservativas**.

ejemplo



$$W_{neto} = \boxed{\int \vec{F}_c \cdot d\vec{r}} + \int \vec{F}_{nc} \cdot d\vec{r} = \Delta KE$$

→ $W_c = -\Delta U$

$$-\Delta U + \int \vec{F}_{nc} \cdot d\vec{r} = \Delta KE$$

$$\int \vec{F}_{nc} \cdot d\vec{r} = \Delta KE + \Delta U = \Delta ME$$

$$\int \vec{F}_{nc} \cdot d\vec{r} = \Delta KE + \Delta U = \Delta ME$$

trabajo no-conservativo W_{nc}

$$W_{nc} = \Delta ME$$

La **consecuencia directa** a realizar un **trabajo** con una **fuerza no-conservativa** es de **cambiar la energía mecánica** del sistema.

Las fuerzas de **fricción** y de **resistencia** también se reconocen como **fuerzas disipativas**, disipan la **energía mecánica** en **energía térmica**.

Definimos:

$$\Delta E_{th} = - \int \vec{F}_f \cdot d\vec{r}$$

energía térmica
generada por la fricción

$$\int \vec{F}_{nc} \cdot d\vec{r} = \Delta ME$$

$$\vec{F}_{nc} = \vec{F}_{ap_nc} + \vec{F}_f$$

fuerzas disipativas

sustituir

fuerzas aplicadas que transfieren energía mecánica

$$\int (\vec{F}_{ap_nc} + \vec{F}_f) \cdot d\vec{r} = \Delta ME \xrightarrow{\text{distribuir}} \int \vec{F}_{ap_nc} \cdot d\vec{r} + \int \vec{F}_f \cdot d\vec{r} = \Delta ME$$

$$\int \vec{F}_{ap_nc} \cdot d\vec{r} = \Delta ME + \left(- \int \vec{F}_f \cdot d\vec{r} \right)$$

manipular

sustituir

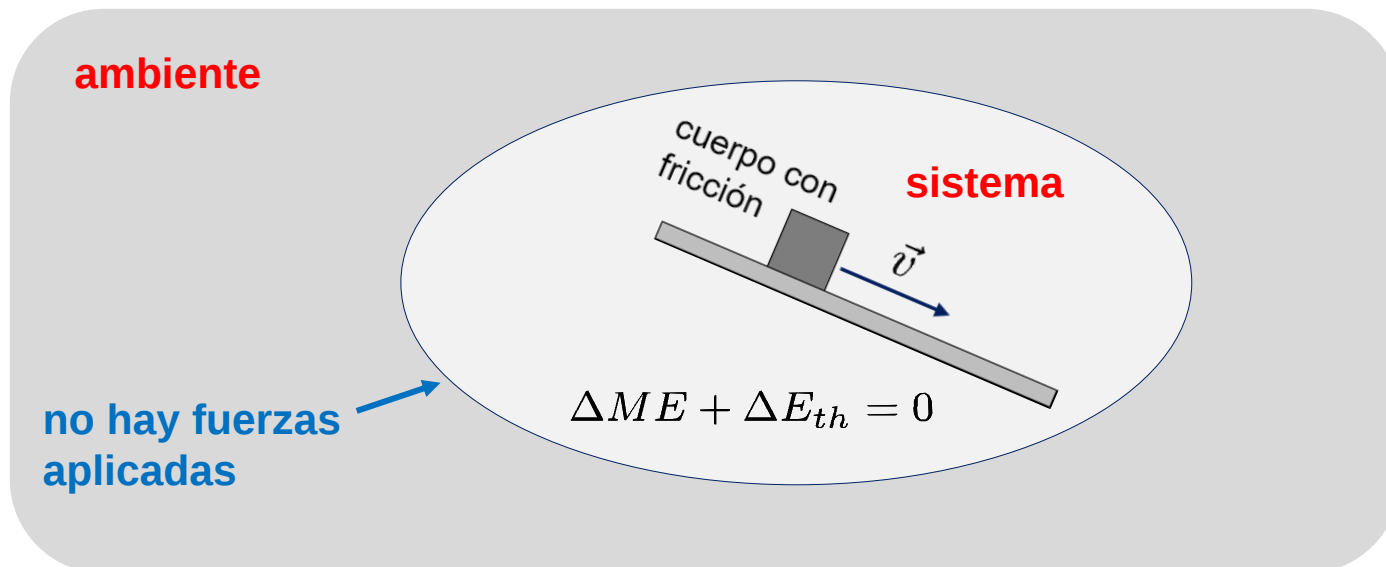
ΔE_{th}

$$\int \vec{F}_{ap_nc} \cdot d\vec{r} = \Delta ME + \Delta E_{th}$$

$$\int \vec{F}_{ap_nc} \cdot d\vec{r} = \Delta ME + \Delta E_{th}$$

Suponemos que **no hay fuerzas aplicadas** (no-conservativas) actuando sobre un cuerpo o sobre mi sistema, o sea, **no estamos interactuando con fuerzas aplicadas con el sistema**:

$$\Delta ME + \Delta E_{th} = 0$$



$$\Delta ME + \Delta E_{th} = 0$$

definición

$$(ME_f - ME_i) + (E_{th_f} - E_{th_i}) = 0$$

manipular

$$(ME_f + E_{th_f}) - (ME_i + E_{th_i}) = 0$$

por definición

Definimos $ME + E_{th}$ como la energía total.

$$E_{tot} = ME + E_{th}$$

$$\Delta E_{tot} = 0 \longrightarrow E_{tot} = \text{constante}$$

ley de conservación de la energía total