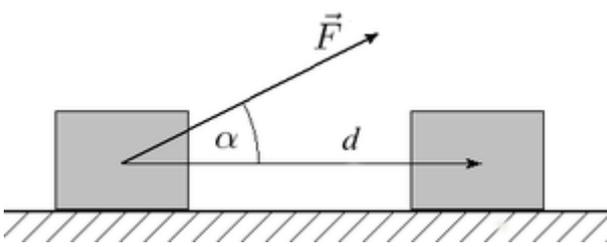


# Trabajo (física)

En mecánica clásica, se dice que una fuerza realiza un **trabajo** cuando hay un desplazamiento de su punto de aplicación en la dirección de dicha fuerza. El trabajo de la fuerza sobre ese cuerpo será equivalente a la energía necesaria para desplazarlo<sup>1</sup>. Por consiguiente, se dice que una cierta masa tiene energía cuando esa masa tiene la capacidad de producir un trabajo; además, con esta afirmación se deduce que no hay trabajo sin energía. Por ello, se dice que el carbón, la gasolina, la electricidad, los átomos son fuentes de energía, pues pueden producir algún trabajo o convertirse en otro tipo de energía; para entender esto se tiene en cuenta el principio universal de la energía según el cual *la energía no se crea ni se destruye, solamente se transforma*.<sup>2</sup> El trabajo es una magnitud física escalar que se representa con la letra ***W*** (del inglés *Work*) y se expresa en unidades de energía, esto es en julios o *joules* (J) en el Sistema Internacional de Unidades.

Ya que por definición el trabajo es un tránsito de energía,<sup>3</sup> nunca se refiere a él como incremento de trabajo, ni se simboliza como  $\Delta W$ .

### Trabajo (W)



Trabajo realizado por una fuerza constante.

<b>Magnitud</b>	Trabajo (W)
<b>Definición</b>	Producto de la fuerza ejercida sobre un cuerpo por su desplazamiento
<b>Tipo</b>	Magnitud <u>vectorial</u>
<b>Unidad SI</b>	<u>Joule</u> (J)
<b>Otras unidades</b>	<u>Kilojoule</u> (kJ)
<b>unidades</b>	<u>Kilogrametro</u> (kgm)

## Índice

### El trabajo en mecánica

Casos particulares

Trabajo y energía cinética

### El trabajo en energía termodinámica

#### Unidades de trabajo

Sistema Internacional de Unidades

Sistema Técnico de Unidades

Sistema Cegesimal de Unidades

Sistema Anglosajón de Unidades

Sistema anglosajón

Otras unidades

#### Véase también

#### Referencias

Bibliografía

#### Enlaces externos

## El trabajo en mecánica

Consideremos una partícula  $P$  sobre la que actúa una fuerza  $\mathbf{F}$ , función de la posición de la partícula en el espacio, esto es  $\mathbf{F} = \mathbf{F}(\mathbf{r})$  y sea  $d\mathbf{r}$  un desplazamiento elemental (infinitesimal) experimentado por la partícula durante un intervalo de tiempo  $dt$ . Llamamos trabajo elemental,  $dW$ , de la fuerza  $\mathbf{F}$  durante el desplazamiento elemental  $d\mathbf{r}$  al producto escalar  $\mathbf{F} \cdot d\mathbf{r}$ ; esto es,

$$dW = \mathbf{F} \cdot d\mathbf{r}$$

Si representamos por  $ds$  la longitud de arco (medido sobre la trayectoria de la partícula) en el desplazamiento elemental, esto es  $ds = |d\mathbf{r}|$ , entonces el vector tangente a la trayectoria viene dado por  $\mathbf{e}_t = d\mathbf{r}/ds$  y podemos escribir la expresión anterior en la forma

$$dW = \mathbf{F} \cdot d\mathbf{r} = \mathbf{F} \cdot \mathbf{e}_t ds = (F \cos \theta) ds = F_s ds$$

donde  $\theta$  representa el ángulo determinado por los vectores  $d\mathbf{F}$  y  $\mathbf{e}_t$  y  $F_s$  es la componente de la fuerza  $\mathbf{F}$  en la dirección del desplazamiento elemental  $d\mathbf{r}$ .

El trabajo realizado por la fuerza  $\mathbf{F}$  durante un desplazamiento elemental de la partícula sobre la que está aplicada es una magnitud escalar, que podrá ser positiva, nula o negativa, según que el ángulo  $\theta$  sea agudo, recto u obtuso.

Si la partícula  $P$  recorre una cierta trayectoria en el espacio, su desplazamiento total entre dos posiciones  $A$  y  $B$  puede considerarse como el resultado de sumar infinitos desplazamientos elementales  $d\mathbf{r}$  y el trabajo total realizado por la fuerza  $\mathbf{F}$  en ese desplazamiento será la suma de todos esos trabajos elementales; o sea

$$W_{AB} = \int_A^B \mathbf{F} \cdot d\mathbf{r}$$

Esto es, el trabajo viene dado por la integral curvilínea de  $\mathbf{F}$  a lo largo de la curva  $C$  que une los dos puntos; en otras palabras, por la circulación de  $\mathbf{F}$  sobre la curva  $C$  entre los puntos  $A$  y  $B$ . Así pues, el trabajo es una magnitud física escalar que dependerá en general de la trayectoria que una los puntos  $A$  y  $B$ , a no ser que la fuerza  $\mathbf{F}$  sea conservativa, en cuyo caso el trabajo resultará ser independiente del camino seguido para ir del punto  $A$  al punto  $B$ , siendo nulo en una trayectoria cerrada. Así, podemos afirmar que el trabajo no es una variable de estado.

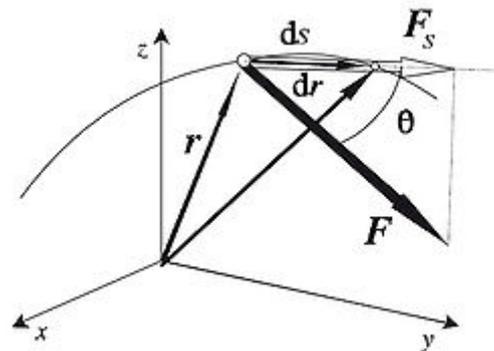
## Casos particulares

### Fuerza constante sobre una partícula

En el caso particular de que la fuerza aplicada a la partícula sea constante (en módulo, dirección<sup>4</sup> y sentido<sup>5</sup>), se tiene que

$$W_{AB} = \int_A^B \mathbf{F} \cdot d\mathbf{r} = \mathbf{F} \cdot \int_A^B d\mathbf{r} = \mathbf{F} \cdot \Delta\mathbf{r} = F s \cos \theta$$

es decir, el trabajo realizado por una fuerza constante viene expresado por el producto escalar de la fuerza por el vector desplazamiento total entre la posición inicial y la final. Cuando el vector fuerza es perpendicular al vector desplazamiento del cuerpo sobre el que se aplica, dicha fuerza no realiza trabajo alguno. Asimismo, si no hay desplazamiento, el trabajo también será



Trabajo de una fuerza.

nulo.

Si sobre una partícula actúan varias fuerzas y queremos calcular el trabajo total realizado sobre ella, entonces  $\mathbf{F}$  representará al vector resultante de todas las fuerzas aplicadas.

## Trabajo sobre un sólido rígido

Para el caso de un sólido el trabajo total sobre el mismo se calcula sumando las contribuciones sobre todas las partículas. Matemáticamente ese trabajo puede expresarse como integral:

$$W = \int_V dV \int_{T_0}^{T_f} \mathbf{f}_V(\mathbf{x}) \cdot \mathbf{v}(\mathbf{x}) dt$$

Si se trata de un sólido rígido las fuerzas de volumen  $\mathbf{f}_V$  puede escribirse en términos de la fuerza resultante  $\mathbf{F}_R$ , el momento resultante  $\mathbf{M}_R$ , la velocidad del centro de masas  $\mathbf{v}_{CM}$  y la velocidad angular  $\boldsymbol{\omega}$ :

$$W = \int_{T_0}^{T_f} (\mathbf{F}_R \cdot \mathbf{v}_{CM} + \mathbf{M}_R \cdot \boldsymbol{\omega}) dt$$

## Trabajo y energía cinética

Para el caso de una partícula tanto en mecánica clásica como en mecánica relativista es válida la siguiente expresión:

$$\mathbf{F} = \frac{d\mathbf{p}}{dt}$$

Multiplicando esta expresión escalarmente por la velocidad e integrando respecto al tiempo se obtiene que el trabajo realizado sobre una partícula (clásica o relativista) iguala a la variación de energía cinética:

$$W = \int \mathbf{F} \cdot \mathbf{v} dt = \int \mathbf{F} \cdot d\mathbf{r} = \int \mathbf{v} \cdot d\mathbf{p} = \Delta E_c$$

Esta expresión es válida tanto en mecánica clásica como relativista, aunque dada la diferente relación entre el momento lineal y la velocidad en ambas teorías la expresión en términos de la velocidad es ligeramente diferente:

$$\left\{ \begin{array}{ll} \mathbf{p} = m\mathbf{v}, & \text{mec. clásica} \\ \mathbf{p} = \frac{m\mathbf{v}}{\sqrt{1-v^2/c^2}}, & \text{mec. relativista} \end{array} \right. \Rightarrow \int \mathbf{v} \cdot d\mathbf{p} = \Delta E_c = \left\{ \begin{array}{ll} \frac{1}{2}mv^2, & \text{mec. clásica} \\ \frac{mc^2}{\sqrt{1-v^2/c^2}}, & \text{mec. relativista} \end{array} \right.$$

## El trabajo en energía termodinámica

En el caso de un sistema termodinámico, el trabajo no es necesariamente de naturaleza puramente mecánica, ya que la energía intercambiada en las interacciones puede ser también calorífica, eléctrica, magnética o química, por lo que no siempre podrá expresarse en la forma de trabajo mecánico.

No obstante, existe una situación particularmente simple e importante en la que el trabajo está asociado a los cambios de volumen que experimenta un sistema (v.g., un fluido contenido en un recinto de forma variable).

Así, si consideramos un fluido que se encuentra sometido a una presión externa  $p_{\text{ext}}$  y que evoluciona desde un estado caracterizado por un volumen  $V_1$  a otro con un volumen  $V_2$ , el trabajo realizado será:

$$W_{12} = \int_{V_1}^{V_2} p_{\text{ext}} dV$$

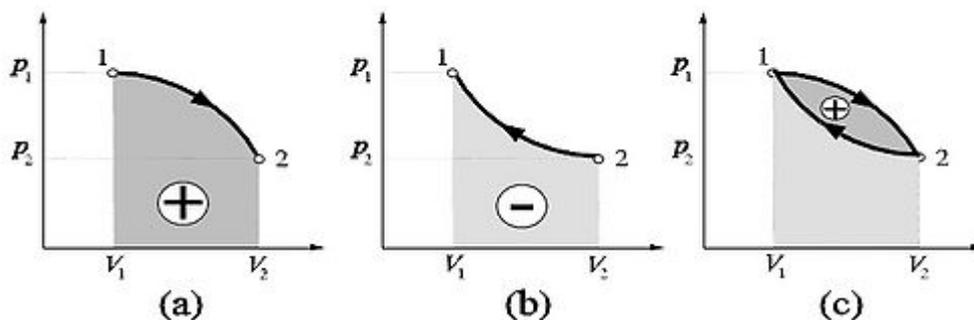
resultando un trabajo positivo ( $W > 0$ ) si se trata de una expansión del sistema  $dV > 0$  y negativo en caso contrario, de acuerdo con el convenio de signos aceptado en la Termodinámica. En un proceso cuasiestático y sin fricción la presión exterior ( $p_{\text{ext}}$ ) será igual en cada instante a la presión ( $p$ ) del fluido, de modo que el trabajo intercambiado por el sistema en estos procesos se expresa como

$$W_{12} = \int_{V_1}^{V_2} p dV$$

De estas expresiones se infiere que la presión se comporta como una fuerza generalizada, en tanto que el volumen actúa como un desplazamiento generalizado. La presión y el volumen constituyen una pareja de variables conjugadas.

En el caso que la presión del sistema permanezca constante durante el proceso, el trabajo viene dado por:

$$W = \int_{V_1}^{V_2} p dV = p \int_{V_1}^{V_2} dV = p(V_2 - V_1) = p\Delta V$$



El trabajo en los diagramas de Clapeyron de un ciclo termodinámico.

Véanse también: Criterio de signos termodinámico y Potencial termodinámico.

## Unidades de trabajo

---

### Sistema Internacional de Unidades

- Julio o *joule*, unidad de trabajo en el SI
- Kilojulio:  $1 \text{ kJ} = 10^3 \text{ J}$

### Sistema Técnico de Unidades

- kilográmetro o kilopondímetro (kgm) = 1 kilogramo-fuerza x 1 metro = 9,81 Nm

### Sistema Cegesimal de Unidades

- Ergio: 1 erg =  $10^{-7}$  J

## Sistema Anglosajón de Unidades

- Termia inglesa (th),  $10^5$  BTU
- BTU, unidad básica de trabajo de este sistema

## Sistema anglosajón

- Pie-libra fuerza (foot-pound) (ft-lb)

## Otras unidades

- kilovatio-hora
- Caloría termoquímica (cal<sub>TQ</sub>)
- Termia EEC.
- Atmósfera-litro (atm·L)

## Véase también

---

- Energía
- Energía cinética
- Energía potencial
- Fuerza
- Teorema de la energía cinética
- Magnitud física
- Potencia (física)

## Referencias

---

1. Serway, Raymond A.; Jewett Jr., John W., «7», *Physics for Scientists and Engineers, 6th. Volume I [Física para ciencias e ingenierías, 6a]* **1** (6ª edición), Polanco, Ciudad de México: International Thomson Editores, S.A. de C.V., p. 185, «. Una consideración importante para una aproximación de sistema a problemas, es observar que el **trabajo es una transferencia de energía**. [...] Esto resultará en un cambio en la energía almacenada en el sistema.»
2. José María Ferrer, ed. (1992). «Capítulo V de Física». *Enciclopedia Superior para bachillerato y la Universidad (Tomo 1)*. Editorial Printer Latinoamericana Ltda., para el Círculo de Lectores, S. A. por cortesía de Editores Nauta, S. A. p. 166. ISBN 958-28-0413-0.
3. «Cátedra de Termodinámica I y II de Ingeniería Química» (<http://www.ing.unlp.edu.ar/catedras/Q0806/>). Universidad Nacional de La Plata. «NOTA: basado en el libro de la Cátedra, Cap P1, y con la colaboración de personal de la misma».
4. Dirección: Línea sobre la que se mueve un punto, que puede ser recorrida en dos sentidos opuestos. Diccionario de la lengua española, consultado el 23 de enero de 2012
5. Sentido: Cada una de las dos orientaciones opuestas de una misma dirección. Diccionario de la lengua española, consultado el 23 de enero de 2012

## Bibliografía

- Feynman, Leighton and Sands. *Lectures on physics* (en inglés). Addison-Wesley. ISBN 0-8053-9045-6.
- Marion, Jerry B. (1996). *Dinámica clásica de las partículas y sistemas*. Barcelona: Ed. Reverté. ISBN 84-291-4094-8.

- Ortega, Manuel R. (1989-2006). *Lecciones de Física (4 volúmenes)*. Momytex. ISBN 84-404-4290-4, ISBN 84-398-9218-7, ISBN 84-398-9219-5, ISBN 84-604-4445-7.
- Ortega, Manuel R. & Ibañez, José A. (1989-2003). *Lecciones de Física (Termofísica)*. Momytex. ISBN 84-404-4291-2.
- Resnick, Robert & Krane, Kenneth S. (2001). *Physics* (en inglés). New York: John Wiley & Sons. ISBN 0-471-32057-9.
- Serway, Raymond A.; Jewett, John W. (2004). *Physics for Scientists and Engineers* (en inglés) (6ª edición). Brooks/Cole. ISBN 0-534-40842-7.
- Tipler, Paul A. (2000). *Física para la ciencia y la tecnología (2 volúmenes)*. Barcelona: Ed. Reverté. ISBN 84-291-4382-3.

## Enlaces externos

---

-  [Wikimedia Commons](#) alberga una categoría multimedia sobre **trabajo mecánico**.
- Trabajo, energía y potencia en FisicaNet. ([http://www.fisicanet.com.ar/fisica/f1\\_trabajo\\_energia.php](http://www.fisicanet.com.ar/fisica/f1_trabajo_energia.php))
- Trabajo y energía en la web de la Universidad del País Vasco. (<http://www.sc.ehu.es/sbweb/fisica/dinamica/trabajo/energia/energia.htm>)
- Trabajo, energía y equilibrio de fuerzas. Análisis del funcionamiento de máquinas simples como la palanca, juegos de poleas, plano inclinado y cilindros hidráulicos. (<https://web.archive.org/web/20060211024551/http://www.digitalreview.com.ar/trabajoyenergia/>)
- Trabajo y energía (<http://phy.hk/wiki/englishhtm/Work.htm>)

---

Obtenido de «[https://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Trabajo\\_\(física\)&oldid=118786247](https://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Trabajo_(física)&oldid=118786247)»

---

**Esta página se editó por última vez el 31 ago 2019 a las 21:37.**

El texto está disponible bajo la [Licencia Creative Commons Atribución Compartir Igual 3.0](#); pueden aplicarse cláusulas adicionales. Al usar este sitio, usted acepta nuestros [términos de uso](#) y nuestra [política de privacidad](#).  
Wikipedia® es una marca registrada de la [Fundación Wikimedia, Inc.](#), una organización sin ánimo de lucro.