

TRABAJO, POTENCIA Y ENERGÍA

Luis Pardillo Vela <https://fisicayquimicaluis.wixsite.com/esoybach>

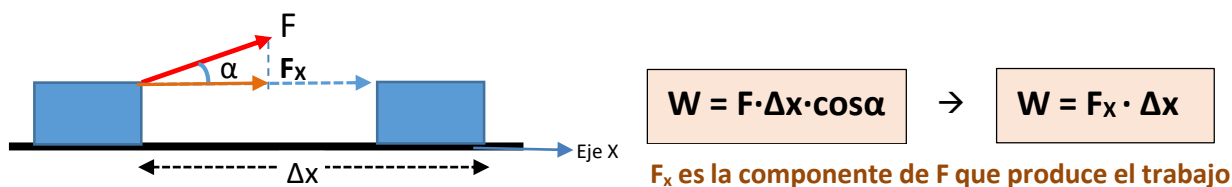
TRABAJO MECÁNICO

Es una magnitud física que no tiene un significado intuitivamente sencillo ya que se siempre se lo relaciona con la energía y a su vez la energía se la relaciona con el trabajo, lo cual es correcto pero la definición mantiene un bucle trabajo-energía-trabajo que no define a ninguno. También en ocasiones lo relacionamos con el esfuerzo para aguantar un cuerpo o mantener tenso un muelle, y en estos dos ejemplos no hay trabajo, solo hay un esfuerzo “fisiológico”.

El concepto físico de trabajo va siempre unido a una fuerza que produce un desplazamiento:

Se realiza trabajo cuando un cuerpo es desplazado por la acción de una fuerza que, en su totalidad o en parte, tiene una componente en la dirección del movimiento

El trabajo realizado por una fuerza constante, F , sobre un cuerpo viene dado por el valor del desplazamiento provocado por el valor de la componente de la fuerza en la dirección de ese desplazamiento:



donde F es el módulo de la fuerza, Δx el módulo de su desplazamiento y α el ángulo que forman entre sí las direcciones del vector fuerza F y el vector desplazamiento del eje X.

Para que se realice trabajo sobre un cuerpo es necesario que:

- Actúe una fuerza sobre él.
- La fuerza tenga una componente en la dirección del desplazamiento, es decir, no sea perpendicular a él.
- Se produzca un desplazamiento.

- Ecuación de dimensiones del trabajo:

$$W = Fd = F L = (MLT^{-2})L = ML^2T^{-2}$$

- Unidad: De la ecuación de dimensiones se deduce que la unidad de trabajo es $kg \ m^2/s^2$ conocida como Julio (J)

Como el trabajo es el producto de una fuerza por una distancia su unidad se corresponde con N.m. que en el S.I. recibe el nombre propio de Julio (J en honor a James Prescott Joule). $1 J = 1 N \cdot m$ que no debe confundirse con el momento de una fuerza (palanca o torque) que tiene también unidad de N.m, pero el momento es una magnitud vectorial de módulo (valor) $M = Fd \sin \alpha$ y el trabajo es una magnitud escalar de valor $W = Fd \cos \alpha$.

POTENCIA.

La potencia es una magnitud especialmente práctica, ya que mide la rapidez con que se realiza un trabajo, es decir, nos indica el trabajo que puede ser realizado por unidad de tiempo.

Se define la potencia media como el cociente entre el trabajo realizado, W , y el tiempo tardado en realizarlo,

$$P = W/t$$

- Ecuación de dimensiones de la potencia:

$$P = W/t = ML^2T^{-2}/T = ML^2T^{-3}$$

- Unidad: De la ecuación de dimensiones se deduce que su unidad es $kg \cdot m^2/s^3$ que se conoce como Vatio (W)

En el S.I. el Vatio (W en honor a James Watt)), equivale a $1 W = 1 J/s$, es decir, una potencia de un vatio indica que se realiza un trabajo de un julio cada segundo, y al ser una unidad pequeña se suele emplear mucho el kilovatio (kW). También se emplea mucho en ingeniería, el caballo de vapor (CV del francés cheval-vapeur).

$$1 \text{ C.V.} = 735 \text{ W}$$

El HP (horse power) equivale a 1HP = 1.014 CV

Si multiplicamos la potencia por el tiempo nos da trabajo realizado (o la energía gastada). El kWh (kilovatio por hora) es una unidad de trabajo (o energía) que equivale al trabajo (o energía) producida o consumida por un dispositivo con una potencia de 1 kW al funcionar durante una hora. Su equivalencia con el julio es:

$$P = W/t \rightarrow W = P \cdot t \rightarrow W = 1 \text{ kW} \cdot \text{h} = 1000 \cdot (1 \cdot 60 \cdot 60) = 3.600.000 \text{ J.}$$

Rendimiento de una máquina.

La máquina ideal sería aquella que produce un trabajo igual a la energía consumida. Pero por muchas razones técnicas, por ejemplo rozamientos, las máquinas reales consumen más energía que el trabajo que aportan

Se denomina rendimiento (η) de una máquina al cociente entre el trabajo útil que proporciona y la energía que ha consumido. Este rendimiento suele expresarse en tanto por ciento:

$$\eta = \frac{\text{trabajo útil}}{\text{energía consumida}} \cdot 100$$

También se expresa como la relación entre la potencia útil (realizada) y la potencia teórica de la máquina:

$$\eta = \frac{\text{potencia útil}}{\text{potencia teórica}} \cdot 100$$

ENERGÍA.

Aunque estamos muy acostumbrados a emplearla y forma parte de nuestro vocabulario habitual, es un concepto difícil de definir con precisión al igual que ocurre con el trabajo.

Se puede definir la energía que posee un cuerpo como “una medida de su capacidad para realizar un trabajo” o que la energía es la capacidad de un sistema o cuerpo para producir transformaciones en otros cuerpos o sobre sí mismo. Cuando dos cuerpos intercambian energía, lo hacen, o bien de forma mecánica, mediante la realización de un trabajo, o bien de forma térmica (mediante el calor) o ambas simultáneamente, que es lo que realmente ocurre.

Hay distintos tipos de energía (cinética, eléctrica, térmica, química, nuclear, eólica, mareotriz) pero lo que vamos a estudiar es la denominada **energía mecánica** que incluye dos tipos:

- Energía cinética. Es la que poseen los cuerpos debido a su masa y velocidad.
- Potencial. De la que existen varias clases, pero en concreto veremos la energía potencial gravitatoria y la energía potencial elástica. La primera es la que tiene un cuerpo debido a su masa y posición en un campo gravitatorio y la segunda la que posee un cuerpo unido a un objeto elástico fuera de su posición de reposo.

Los cuerpos poseen energía que puede transformarse de un tipo a otro. Igualmente los cuerpos pueden transferirse energía entre ellos. Sin embargo, la energía total del universo (o de cualquier sistema que no intercambie energía con su entorno) permanece constante y no existe ningún proceso que cree o destruya energía. Esto se conoce como el principio de conservación de la energía, y es uno de los pilares fundamentales de la Física, como también lo es el principio de conservación de la cantidad de movimiento.

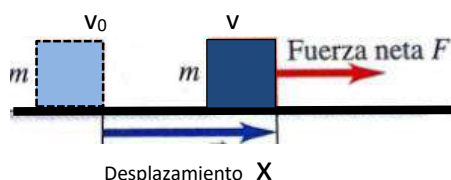
- Energía cinética.

La energía cinética, E_c , es la energía que posee un cuerpo que se encuentra en movimiento.

Supongamos un cuerpo de masa m que tiene una velocidad v_0 . Si le aplicamos una fuerza neta F adquirirá aceleración y en consecuencia pasará a tener una velocidad v según:

$$W = F \Delta x \cdot \cos \alpha \quad \text{y al ser } 90^\circ \text{ el ángulo entre } F \text{ y } d, \text{ tenemos que: } W = F \Delta x = m \Delta x.$$

Y como $v^2 = v_0^2 + 2a\Delta x$ tenemos que $\Delta x = (v^2 - v_0^2)/2a$ y sustituyendo en la ecuación anterior:



$$W = F\Delta x = ma\Delta x = m(v^2 - v_0^2)/2a = \frac{1}{2}mv^2 - \frac{1}{2}mv_0^2 = E_c - E_{c0}$$

Donde hemos denomina E_c (energía cinética) a:

$$E_c = \frac{1}{2}mv^2$$

siendo m es la masa del cuerpo y v el módulo de su velocidad. De esta expresión para la energía se deduce que:

“El trabajo total realizado sobre un cuerpo es igual a su variación de energía cinética” (siempre y cuando no exista variación de otro tipo de energía).

Por tanto:

$$W_{total} = \sum W = \Delta E_c$$

- Energía potencial gravitatoria: es la energía que posee un cuerpo de masa m debido a su posición (altura) en un campo gravitatorio. Vamos a suponer que nos encontramos en puntos cercanos a la superficie terrestre donde la gravedad se mantiene aproximadamente constante con un valor promedio de $9,8 \text{ m/s}^2$, aunque en la mayoría de los ejercicios usaremos la aproximación de 10 m/s^2 :

Para levantar el cuerpo de la derecha tenemos que aplicar una fuerza $F = P$

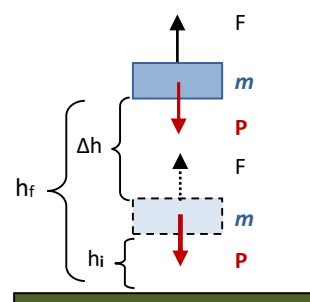
Si lo levantamos una altura Δh realizamos un trabajo $W = F \cdot \Delta h \cdot \cos\alpha$. Pero quien “almacena” la energía es el campo gravitatorio, que realiza una fuerza P contra el desplazamiento de la masa m . Como el ángulo α entre la dirección de la fuerza P y el desplazamiento Δh es 180° , tenemos que $\cos 180^\circ = -1$.

Y como $P = mg$ tenemos que:

$$W = F\Delta h \cos\alpha = -mg\Delta h = -mg(h_f - h_i) = -(mgh_f - mgh_i)$$

Se denomina energía potencial gravitatoria a:

$$E_{p_g} = mgh$$



Por tanto, en nuestro caso, $W = - (E_{p_{gf}} - E_{p_{gi}}) = - \Delta E_{p_g}$ es decir, el trabajo del peso (fuerza gravitacional) se ha convertido en un incremento de la energía potencial gravitatoria.

Hay que tener en cuenta que h es la altura respecto al origen de energías potenciales. Este origen se puede tomar en cualquier punto que elijamos. Generalmente se hace en el punto más bajo que alcanza el cuerpo que estamos estudiando, que en muchas ocasiones es el suelo, pero no necesariamente. Así, si estamos experimentando en una tercera planta, no es necesario utilizar como origen cero el suelo de la calle (o el nivel del mar), podemos usar como origen el suelo de esa tercera planta, o incluso el suelo de la mesa donde experimentamos.

ENERGÍA MECÁNICA.

Se denomina energía mecánica de un cuerpo, E_m , a la suma de su energía cinética y su energía potencial:

$$E_m = E_c + E_p$$

PRINCIPIO DE CONSERVACIÓN DE LA ENERGÍA MECÁNICA.

Una de las formas más conocidas del principio de conservación de la energía es que *“la energía ni se crea ni se destruye, sólo se transforma”*

En el caso de la energía mecánica se puede concluir que, en ausencia de rozamientos y sin intervención de ningún trabajo externo, la suma de las energías cinética y potencial permanece constante. Este fenómeno se conoce con el nombre de *Principio de conservación de la energía mecánica*.

$E_m = E_c + E_p = \text{cte}$. Esto quiere decir que si pasamos de una situación *inicial* a una situación *final*, en la que, por ejemplo, disminuye la E_c , la E_p debe aumentar en esa misma cantidad para que la suma final de $E_c + E_p$ siga siendo igual a la inicial, en definitiva:

$$(E_c + E_p)_{final} = (E_c + E_p)_{inicial} \quad (\text{donde } E_p = E_{p_g} + E_{p_e})$$

EL TRABAJO MODIFICA LA ENERGÍA MECÁNICA.

Veamos primero los conceptos de fuerzas conservativas y no conservativas:

Fuerzas conservativas: Una fuerza conservativa es aquella cuyo trabajo realizado sobre un cuerpo que se traslada entre dos puntos dados, A y B, es independiente de la trayectoria seguida por aquél entre dichos puntos. Fuerzas conservativas son la gravitacional, elástica y electrostática.

Fuerzas no conservativas: Una fuerza es no conservativa cuando el trabajo realizado sobre un cuerpo que se traslada entre dos puntos dados, A y B, depende de la trayectoria de la trayectoria entre dichos puntos. Por ejemplo, el trabajo del rozamiento entre A y B es distinto si se hace en línea recta o por un camino curvo o en zig-zag, cuanto mayor es el recorrido mayor es la pérdida de energía por el rozamiento.

La energía mecánica E_m de un objeto se mantiene invariable a lo largo de su recorrido siempre que únicamente actúen sobre él fuerzas conservativas (gravitacional, elástica o electrostática)

$$(E_c + E_p)_{\text{final}} = (E_c + E_p)_{\text{inicial}}$$

Si sobre un cuerpo actúa una fuerza no conservativa que provoca cambios en su velocidad y/o en su posición, el trabajo de esa fuerza será igual a la variación de energía mecánica que sufre el cuerpo.

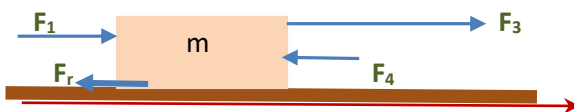
$$W_{\text{Fnc}} = \Delta E_m = \Delta E_c + \Delta E_p \quad \text{o lo que es lo mismo: } W_{\text{Fnc}} = (E_c + E_p)_{\text{final}} - (E_c + E_p)_{\text{inicial}}$$

El trabajo de la fuerza no conservativa, W_{Fnc} , puede aumentar la E_m (por ejemplo, una fuerza motor o empuje) o disminuirla como es el caso de la F de rozamiento.

$$\Sigma W_{\text{Fnc}} = \Delta E_m$$

$$\Sigma W_{\text{Fnc}} = (E_c + E_p)_{\text{final}} - (E_c + E_p)_{\text{inicial}}$$

Donde ΣW_{Fnc} es “la suma de los trabajos de las fuerzas no conservativas actuantes”, pero el ángulo existente entre la dirección y sentido de la fuerza y el desplazamiento, hará que unos trabajos tengan signo positivo (trabajos motores) y otros negativos (trabajos resistentes).



Los trabajos motores lo realizan F_1 y F_3

Los trabajos resistentes lo realizan, F_2 y F_4

En este ejemplo: $\Sigma W = \Sigma F \cdot \Delta x \cdot \cos \alpha = (F_1 + F_3 - F_2 - F_4) \cdot \Delta x$ α es 0° para F_1 y F_3 y 180° para F_2 y F_4

CALORÍAS Y JULIOS

La unidad internacional (UI) de trabajo y energía es el Julio, sin embargo, en las etiquetas de los alimentos y bebidas aparecen las unidades kcal (kilocalorías) junto a kJ (kilojulios), cuando se informa del valor nutricional de un alimento o bebida, es decir, la energía que éste proporciona al cuerpo. La razón de las dos unidades es que la UI de energía es el Julio y por tanto obligatorio su empleo (se emplea kJ por ser el J una unidad pequeña), y el uso de las calorías es porque fue una unidad muy utilizada, que estaba relacionada con el calor producido por una sustancia en su combustión, o el calor necesario para calentar un cuerpo:

- **Caloría (cal):** Cantidad de energía necesaria para aumentar 1°C la temperatura de 1 g de agua. $1 \text{ cal} = 4,18 \text{ J}$.

INFORMACIÓN NUTRICIONAL	Por 100g	Por toma**
Valores medios:		
Valor energético	1641 kJ 387 kcal	861 kJ 204 kcal
Grasas	1,9 g	5,6 g
de las cuales: saturadas	0,4 g	2,1 g
Hidratos de carbono	81,9 g	33,8 g
de los cuales: azúcares	31,0 g	15,5 g
Fibra alimentaria	3,2 g	0,8 g
Proteínas	9,0 g	4,3 g
Sal	0,100 g	0,119 g
Vitamina A	240 µg ER (60%)*	174 µg ER (44%)*

RENDIMIENTO DE UNA TRANSFORMACIÓN ENERGÉTICA.

Una forma de energía se puede transformar en otra “la energía ni se crea ni se destruye, sólo se transforma”. Pero en estas transformaciones parte de la energía se degrada, es decir, pierde utilidad, lo cual no quiere decir que se pierda energía, lo que ocurre es que parte de esa energía se convierte en calor (energía térmica) que se disipa al medio externo y no podemos aprovecharla, esto se debe al rozamiento, choques, o por ejemplo, al calentar una sartén por combustión de gas butano se producen pérdidas directas al medio externo por conducción, radiación o convección.

Se define el rendimiento como la relación (en %) entre la energía útil obtenida y la energía aportada en una transformación.

$$R = \frac{\text{Energía obtenida}}{\text{Energía aportada}} \times 100$$

Todo proceso en el que se produce una transferencia de energía, nunca obtiene un rendimiento del 100%, salvo en situaciones que, para su estudio, se consideran ideales.