TRABAJO Y ENERGÍA

La energía y sus formas

En nuestro lenguaje habitual se utiliza con mucha frecuencia el término energía y aproximadamente sabemos lo que significa. Sabemos que necesitamos energía para llevar a cabo cualquier tarea.
En Física se denomina energía a la magnitud física por la que los cuerpos tienen capacidad para realizar transformaciones en ellos mismos o en otros cuerpos.

El tipo de posibles transformaciones es numeroso y, por tanto, también lo es el de formas de energía:

Cinética: la tienen los cuerpos por estar en movimiento.
Potencial gravitatoria: la tienen los cuerpos por estar a cierta altura.
Potencial elástica: la de los cuerpos elásticos que se hallan deformados.
Energía eléctrica, relacionada con las atracciones y repulsiones eléctricas y también con la corriente eléctrica.
Energía nuclear, relacionada con las interacciones entre partículas elementales como protones y neutrones, por ejemplo.
Energía térmica o calor que fluye entre cuerpos que se hallan a distinta temperatura.
Energía química, que poseen todos los compuestos químicos debido a las uniones entre sus átomos que denominamos enlaces químicos.
Energía radiante, como la luz, asociada a las radiaciones electromagnéticas.

Una característica fundamental de la energía es la capacidad para transformarse entre sus distintas formas, manteniéndose constante la cantidad global. Esto es lo que enuncia el principio de conservación de la energía: “La energía total permanece constante”.

Desde un punto de vista social y ambiental es importante el concepto de fuentes de energía, que son los recursos naturales de los que podemos obtener energía. Las fuentes de energía pueden ser:
No renovables, como el petróleo, el gas natural, etc, que se hallan en la naturaleza en una cantidad limitada y pueden agotarse si se utilizan sin control.
Renovables, como la energía solar, el viento, la biomasa, etc, que se pueden considerar prácticamente inagotables, pues se renuevan continuamente.

Trabajo mecánico

En el lenguaje cotidiano se usa a menudo la palabra trabajo, relacionándola con esfuerzo, sea de tipo físico o mental.

En física, su significado no siempre coincide con la acepción anterior. Se realiza un trabajo cuando se aplica fuerza a un cuerpo y éste se desplaza. Estos dos factores, fuerza y desplazamiento son esenciales para la existencia de trabajo mecánico.

Se define el trabajo mecánico de una fuerza $\vec{F}$ que se aplica sobre un cuerpo cuyo desplazamiento en línea recta es $\Delta\vec{r}$ como el producto escalar de los dos vectores, fuerza y desplazamiento:

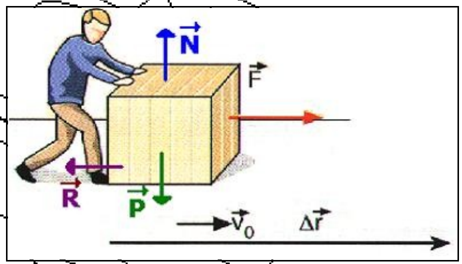
$$W = \vec{F}\cdot\Delta\vec{r} = F\cdot\Delta r\cdot\cos\alpha$$

siendo α el ángulo formado por la fuerza y el desplazamiento. Es muy importante tener en cuenta que en la expresión del producto escalar tanto F como Δ r expresan el módulo de los correspondientes vectores y, por tanto, son siempre positivos. El trabajo de una fuerza es positivo o negativo dependiendo del valor de cosα . Si α está comprendido entre 0º y 90º es positivo y negativo entre 90º y 180º.

En el Sistema Internacional la unidad es el **joule**, que es el trabajo que se realiza cuando una fuerza de 1 N desplaza su punto de aplicación 1 m en la misma dirección y sentido que la fuerza: 1 J = 1 N·1m

Analicemos los siguientes ejemplos:

a) Una persona desplaza una caja de 10 kg con velocidad constante realizando una fuerza horizontal a lo largo de 3 m. El coeficiente de rozamiento entre la caja y el suelo es 0,3. Calculemos el trabajo de todas las fuerzas que actúan sobre la caja.



Primero determinamos los valores de las fuerzas:

Y) N - m·g = 0 N = m·g = 10·9,8 = 98 N

X) F - R = 0 R = μ ·N = 0,3·98 = 29,4 N F = R = 29,4 N

Y los correspondientes trabajos son:

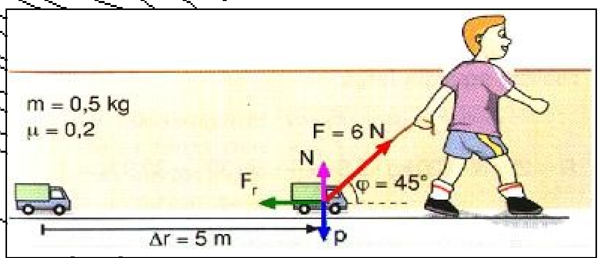
W_F = F·Δ r·cosα = 29,4·3·cos0º = 88,2 J

W_R = R·Δ r·cosα = 29,4·3·cos180º = -88,2 J

W_P = P·Δ r·cosα = 10·9,8·3·cos90º = 0

W_N = N·Δ r·cosα = 98·3·cos90º = 0

b) Un niño desplaza horizontalmente un camión de juguete de 500 g por medio de una cuerda que forma ángulo de 45º con la horizontal ejerciendo una fuerza constante de 6 N a lo largo de 5 m. El coeficiente de rozamiento es 0,2. Debemos calcular el trabajo de cada una de las fuerzas que actúan sobre el camión en este trayecto.



Calculamos el valor de todas las fuerzas que actúan:

Y) N - m·g + F·sen 45 = 0 N = 0,5·9,8 + 6·0,707= 0,65 N

F_r = μ ·N = 0,2·0,65 = 0,13 N

Y los correspondientes trabajos son:

W_F = F·Δ r·cosα = 6·5·cos45º = 21,2 J

W_R = F_r·Δ r·cosα = 0,13·5·cos180º = -0,65 J

W_P = P·Δ r·cosα = 0,5·9,8·5·cos90º = 0

$W_N = N\cdot\Delta\, r\cdot\cos\alpha = 0{,}65\cdot5\cdot\cos90º = 0$

Como sucede en estos ejemplos anteriores, los cuerpos suelen estar sometidos a la acción simultánea de varias fuerzas, cuya suma vectorial es la fuerza resultante. Se puede demostrar y lo puedes observar en los ejemplos anteriores que el trabajo realizado por la fuerza resultante es igual a la suma de los trabajos realizados por cada una de las fuerzas que actúan sobre el cuerpo.

Observa una importante diferencia entre sumar fuerzas y sumar trabajos; en el primer caso sumas vectores, en el segundo caso escalares, esto es, números.

Potencia

Se define como potencia el cociente entre el trabajo realizado por una fuerza y el tiempo empleado en realizarlo.

$$P = \frac{W}{\Delta t}$$

Mide la rapidez con la que se realiza dicho trabajo. La unidad de potencia en el Sistema Internacional es el vatio (W), potencia de una fuerza que realiza un joule en un segundo

1 W = 1 J/1 s

Para medir la potencia de los motores de las máquinas se utiliza otra unidad denominada “caballo de vapor” (CV) que equivale a 735 W

1 CV = 735 W

Cuando un móvil se desplaza a velocidad constante en línea recta, la potencia de una fuerza constante se puede expresar de la forma siguiente:

$$P = \frac{W}{\Delta t} = \frac{F\cdot\Delta s}{\Delta t} = F\cdot v$$

Interpretación gráfica del trabajo

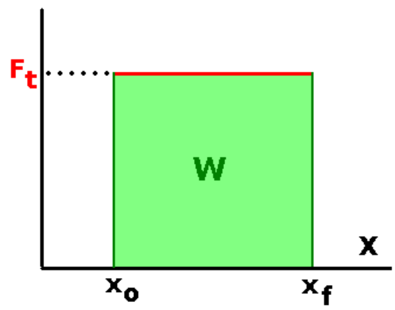
Supongamos una fuerza $\vec{F}$ **constante** que forma un ángulo α con el desplazamiento. El trabajo realizado por la misma es:

$W_F = F\cdot\Delta\, r\cdot\cos\alpha$

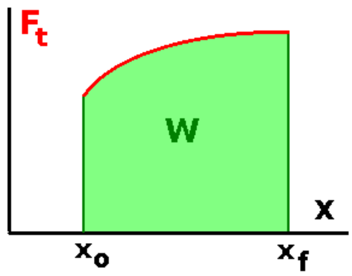
Ya que $F\cdot\cos\alpha$ es la componente de la fuerza en la dirección del desplazamiento (F_t), resulta:

$W_F = F_t\cdot\Delta\, r$

Si, por ejemplo, el desplazamiento es a lo largo del eje X, entre las posiciones x_0 y x_f, el trabajo de la fuerza es igual al área del rectángulo de base Δx y altura F_t.

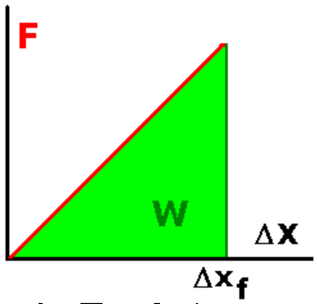


En general, puede probarse que el valor del trabajo realizado por cualquier fuerza , sea ésta constante o variable, coincide con el área de la figura contenida entre la línea que representa el valor de la fuerza y el eje X, como se indica en la figura adjunta. En este caso, la fuerza F_t varía



con la posición, y desplaza su punto de aplicación desde la posición inicial x_0 hasta la final x_f.

Un ejemplo sencillo de fuerza que varía con la posición es la fuerza elástica realizada por un muelle, que depende de la cantidad que se ha estirado (F=K·Δ x).
Si, en este caso, representamos, el trabajo realizado por la fuerza que estira el muelle en función de la distancia a la posición de equilibrio el trabajo total realizado por la fuerza corresponde al área del triángulo de la figura, de base Δ x_f y altura F= K·Δ x_f, esto es:



$$W = \frac{1}{2}\Delta x_f \cdot (K \cdot \Delta x_f) = \frac{1}{2} K \cdot (\Delta x_f)^2$$

Energía cinética

La realización de un trabajo provoca la transferencia de energía de un cuerpo a otro. Así, si el trabajo de una fuerza pone en movimiento un cuerpo que inicialmente estaba en reposo, éste adquiere un tipo de energía que denominamos “energía cinética”, energía que poseen los cuerpos que se hallan en movimiento.
Veamos a continuación cuál es el valor de la energía cinética. Para ello supongamos que actúa sobre un cuerpo de masa m una fuerza resultante F constante a lo largo del eje X, mientras el cuerpo se desplaza una distancia Δ x. La aceleración del cuerpo viene dada por la segunda ley de Newton: $F = m \cdot a$
Por otra parte, al estar sometido el cuerpo a movimiento uniformemente acelerado:

$v^2 - v_0^2 = 2 \cdot a \cdot \Delta x \qquad \Delta x = \dfrac{v^2 - v_0^2}{2 \cdot a}$

de modo que el trabajo realizado por la fuerza F es:

$$W = F \cdot \Delta x \cdot \cos 0º = F \cdot \Delta x = m \cdot a \frac{v^2 - v_0^2}{2 \cdot a} = \frac{1}{2} m \cdot v^2 - \frac{1}{2} m \cdot v_0^2$$

A la magnitud $m \cdot v^2/2$ se le denomina energía cinética:

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

Es decir, **el trabajo de la fuerza resultante o total es igual a la variación de energía cinética**, resultado conocido como **teorema de las fuerzas vivas**:

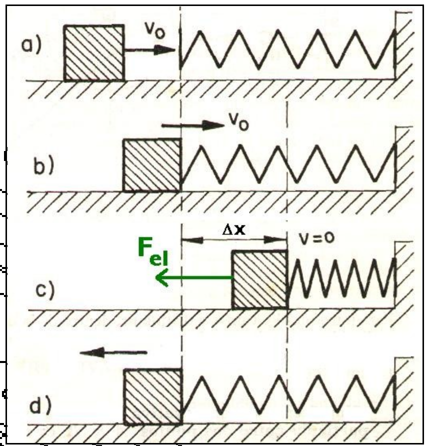
$$W_{total} = E_c - E_{c0} = \Delta E_c$$

Fuerzas conservativas y disipativas

Existen fuerzas que el trabajo que realizan es recuperable y otras cuyo trabajo se disipa. Las primeras, como la fuerza de la gravedad y la fuerza elástica, se denominan fuerzas conservativas, y las segundas, como el rozamiento, se llaman disipativas.

Supongamos un cuerpo de masa m sobre el suelo. Realizando una fuerza F lo hacemos subir hasta una altura h en la misma vertical. El trabajo realizado por la fuerza de la gravedad durante el trayecto es negativo:
W = (m·g)·h·cos180º = -m·g·h.

Si después dejamos caer el cuerpo desde la altura h, cuando alcanza el suelo, el trabajo realizado por la fuerza de la gravedad (el peso) es:
W = (m·g)·h·cos0º = m·g·h
Igual que a la subida, pero de signo contrario. En definitiva, el trabajo realizado contra la fuerza de la gravedad a la subida se recupera a la bajada, por eso la fuerza es conservativa.



b) Supongamos un cuerpo que se lanza sobre una superficie horizontal sin rozamiento contra un muelle, también horizontal, sujeto a una pared, en su posición de equilibrio (a). El cuerpo comienza a comprimir el muelle, que realiza una fuerza elástica $K\cdot\Delta x$ contraria al movimiento (b). Dicha fuerza hace que al llegar a cierta posición de deformación máxima el objeto se detenga (c).

Como recordarás, previamente (página 4) demostramos que el trabajo realizado por la fuerza elástica es, en valor absoluto:

$$W = \frac{1}{2}K\cdot(\Delta x)^2$$

Por tanto, desde que el objeto comienza a comprimir el muelle hasta que alcanza la máxima compresión (trayecto bc):

$$W_{bc} = -\frac{1}{2}K\cdot(\Delta x)^2$$

Es negativo porque fuerza elástica y desplazamiento son de signo contrario durante la compresión (α =180º).

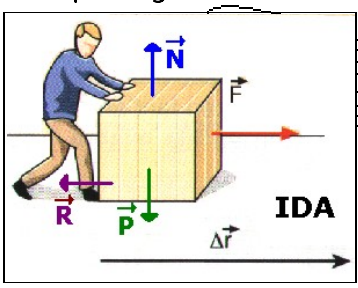
Después el muelle hace que el objeto se desplace hacia la izquierda (d) hasta que aquél alcanza su posición de equilibrio y el cuerpo sale despedido. En este trayecto de expansión del muelle, desde (c) hasta (d), la fuerza elástica y el desplazamiento tienen la misma dirección y sentido (α =0º) y el trabajo es positivo.

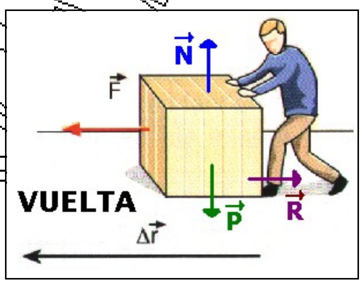
$$W_{cd} = \frac{1}{2}K\cdot(\Delta x)^2$$

Puedes observar que también en este caso el trabajo realizado contra la fuerza elástica en la compresión se recupera posteriormente en la expansión, por lo que se trata de otra fuerza conservativa.

c) Un ejemplo típico de fuerza no conservativa es la fuerza de rozamiento. Supongamos un cuerpo de 2 kg que se desplaza 3 m en línea recta por un suelo horizontal y después recorre los 3 m en sentido contrario para volver a la posición original. El coeficiente de rozamiento es 0,15.

El valor de la fuerza de rozamiento sobre el suelo horizontal es:
R = μ ·N = μ ·m·g = 0,15·2·9,8 = 2,94 N





Como puede observarse en la figura, tanto a la ida como a la vuelta, el rozamiento y el desplazamiento forman ángulo de 180º, por tanto:

$W_{Rida} = R\cdot\Delta\ x\cdot\cos\alpha = 2{,}94\cdot 3\cdot(-1) = -8{,}82$ J

$W_{Rvuelta} = R\cdot\Delta\ x\cdot\cos\alpha = 2{,}94\cdot 3\cdot(-1) = -8{,}82$ J

Y el trabajo total después de volver a la posición original:

$W_{Rtotal} = W_{Rida} + W_{Rvuelta} = -8{,}82 + (-8{,}82) = -17{,}64$ N

En este caso, el trabajo realizado contra el rozamiento en la primera fase no se recupera en la segunda. Por ello, el rozamiento es una fuerza no conservativa o disipativa.

Energía potencial

En los ejemplos anteriores de fuerzas conservativas, el trabajo que se suministra en una parte del trayecto, se devuelve en la el trayecto de vuelta. Por ejemplo, cuando el cuerpo comprime el muelle, éste almacena una energía que después transmite de nuevo al cuerpo impulsándolo hacia la izquierda. Ésta energía almacenada en función de la posición se denomina energía potencial y su variación es igual al trabajo realizado en determinado trayecto por la fuerza conservativa, cambiado de signo:

$\Delta\ E_p = -W_{cons}$

Del razonamiento de las páginas anteriores se deduce que la **energía potencial gravitatoria** tiene por valor:

$$\boxed{E_p = m\cdot g\cdot h}$$

Y la **energía potencial elástica**:

$$\boxed{E_p = \frac{1}{2}K\cdot(\Delta x)^2}$$

Principio de conservación de la energía mecánica

Llamaremos energía mecánica de un cuerpo a la suma de las energías cinética, potencial gravitatoria y potencial elástica.

$$E_{mec} = E_c + E_{pg} + E_{pel} = \frac{1}{2}m\cdot v^2 + m\cdot g\cdot h + \frac{1}{2}K\cdot(\Delta x)^2$$

Volvamos al teorema de las fuerzas vivas (página 4).

$W_{total} = \Delta\ E_c$

Si el trabajo total W_{total} lo descomponemos en el correspondiente a la fuerza gravitatoria (W_P), la elástica (W_{el}) y todas las demás (W_F), resulta:

$W_P + W_{el} + W_F = \Delta\ E_c$

Como recordarás el trabajo de las fuerzas conservativas es igual a menos la variación de su energía potencial. Por tanto:

$W_P = -\Delta\ E_{pg}$ $\qquad$ $W_{el} = -\Delta\ E_{pel}$

Sustituyendo en la expresión previa, resulta:

$-\Delta E_{pg} \quad -\Delta E_{pel} + W_F = \Delta E_c$

o bien: $W_F = \Delta E_c + \Delta E_{pg} + \Delta E_{pel} = \Delta E_{mec}$

Resultado muy importante: **El trabajo total realizado por las fuerzas distintas de las elásticas y las gravitatorias (W_F) es igual a la variación de la energía mecánica.**

Consecuencia de este resultado es el llamado principio de conservación de la energía mecánica que dice que si las fuerzas distintas de las gravitatorias y elásticas no realizan trabajo, la energía mecánica no varía, esto es, permanece constante. No obstante, los distintos tipos de energía se pueden convertir unos en otros, esto es, la elástica en gravitatoria, ésta en cinética, etc.