
FÍSICA Y QUÍMICA
3º ESO

I. QUÍMICA

II. FÍSICA

Trabajo y Energía

Prof. Jorge Rojo Carrascosa

Índice general

1. TRABAJO Y ENERGÍA	2
1.1. ENERGÍA MECÁNICA	3
1.1.1. ENERGÍA CINÉTICA	3
1.1.2. ENERGÍA POTENCIAL GRAVITATORIA	4
1.1.3. ENERGÍA POTENCIAL ELÁSTICA	4
1.2. PRINCIPIO DE CONSERVACIÓN DE LA ENERGÍA MECÁNICA	5
1.3. ENERGÍA TÉRMICA	6
1.3.1. LA TEMPERATURA	6
1.3.2. EL CALOR	7
1.3.3. PROPAGACIÓN DEL CALOR	8
1.4. POTENCIA	8
1.5. RENDIMIENTO ENERGÉTICO	9
1.6. FUENTES ENERGÉTICAS	9
1.7. PROBLEMAS PROPUESTOS	10

Capítulo 1

TRABAJO Y ENERGÍA

Cuando decimos que algo o alguien tiene energía nos estamos refiriendo a una capacidad que tiene el objeto o la persona para moverse, sin embargo, en Física y Química, **la energía se define como la capacidad que posee un cuerpo para producir transformaciones sobre si mismo o sobre el entorno.**

Desde esta perspectiva los animales y los seres humanos tenemos una gran energía ya que poseemos la capacidad para transformar la energía de los alimentos en energía química y física que nos permite movernos o mantener la temperatura corporal. Algunas formas de energía son, la **energía cinética** (E_c , que depende de la velocidad), **energía potencial** (E_p , debida a la posición de los cuerpos y que puede ser gravitatoria o elástica), **energía eléctrica** (E_e , relacionada con la intensidad de corriente eléctrica y el voltaje), ...

La unidad de energía que se utiliza en el S.I. de unidades es el julio (J). Aunque también se utilizan la caloría (cal, siendo $1 \text{ cal} = 4,18 \text{ J}$) o el kiloWatio-hora (kWh, con $1 \text{ kWh} = 3600000 \text{ J}$).

Puesto que no existe un sistema aislado, cualquier cambio que ocurra en un sistema tendrá una repercusión en el entorno; por tanto siempre existe intercambio de energía, ya sea en el mismo sistema o con otros, cuando un sistema aumenta o disminuye la energía siempre habrá otro que hará lo contrario. **Es imposible obtener energía de la nada.** La energía de un sistema no puede aumentar a no ser que tome energía de otro sistema. Por tanto, frase para la posteridad:

La energía total del Universo ni se crea ni se destruye, tan sólo se transforma. La energía total se conserva.

Cuando sostenemos en la palma de la mano cualquier objeto se está realizando un

esfuerzo, ahora bien, si levantamos el objeto entonces se está realizando un *trabajo*; por tanto, **el trabajo se define como la transformación que produce una fuerza, esto es, se habla de trabajo cuando una fuerza transmite una energía**. Como vemos, energía y trabajo están estrechamente relacionadas.

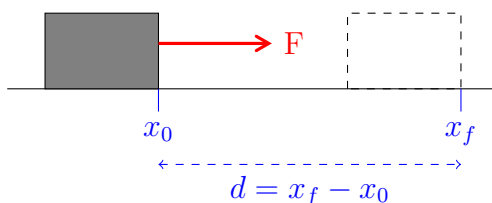
Un objeto pierde energía cuando realiza trabajo (signo negativo para el trabajo) y gana energía cuando cuando se realiza trabajo sobre él (signo positivo para el trabajo).

Al igual que ocurre con la energía existen distintas formas de trabajo, pero para que exista trabajo mecánico siempre tiene que existir una fuerza aplicada sobre un objeto y que ésta produzca un desplazamiento del objeto. El **trabajo mecánico** se define como W y su expresión es,

$$W = F \cdot d = F \cdot (x_f - x_0)$$

Donde F es la fuerza aplicada, $d = (x_f - x_0)$ el desplazamiento que sufre el objeto.

Como vemos, el trabajo es una magnitud escalar, la unidad de trabajo en el S.I. es el Julio (J), esto es, 1 J es el trabajo necesario para mover un cuerpo 1 metro aplicando sobre él 1 N de fuerza.



Cuando actúan varias fuerzas sobre un mismo cuerpo, el trabajo realizado por esas fuerzas es el mismo que el realizado por la resultante de todas ellas. Recordar, el trabajo de rozamiento siempre es negativo, por tanto, siempre se opone al movimiento y disminuye el rendimiento de cualquier máquina. Esto significa que la fuerza puede tener sentido contrario al movimiento y parar al objeto en movimiento, esto es lo que pasa cuando pisamos el pedal del freno de un coche.

1.1. ENERGÍA MECÁNICA

1.1.1. ENERGÍA CINÉTICA

La energía que posee un cuerpo que se mueve recibe el nombre de energía cinética. Si el cuerpo parte del reposo y adquiere una velocidad (MRUA), sustituyendo en la expresión fundamental de la dinámica de traslación,

$$v^2 = 2ad \rightarrow a = \frac{v^2}{2d} \xrightarrow{F=ma} Fd = \frac{1}{2}mv^2$$

El primer miembro de la ecuación representa la energía transmitida por la fuerza en forma de trabajo. El segundo miembro representa la energía en forma de movimiento que recibe el cuerpo. Por tanto, vemos que trabajo y energía son aspectos de una misma identidad y que la expresión de la energía cinética viene dada por:

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

Por definición, el trabajo realizado por una fuerza al desplazarse su punto de aplicación entre dos posiciones es igual al incremento que experimenta la energía cinética del cuerpo sobre la que actúa.

$$W = \Delta E_c = E_{c,f} - E_{c,i}$$

1.1.2. ENERGÍA POTENCIAL GRAVITATORIA

Esta energía es consecuencia de la posición que ocupa un cuerpo en el campo gravitatorio. Si tenemos un cuerpo a una cierta altura y se queda libre, éste es capaz de realizar trabajo cuando llegue al suelo. Partiendo de la ecuación fundamental de la dinámica de traslación,

$$W = Fd = F(h_f - h_0) \xrightarrow{F=-mg} W = -mg(h_f - h_i) = E_{p,i} - E_{p,f} \Rightarrow W = -\Delta E_p$$

Siendo h_f y h_i las alturas respecto del suelo y donde la energía potencial es,

$$E_p = mgh$$

NOTA: Un objeto situado en el suelo no posee energía potencial gravitatoria y por tanto, no tiene capacidad para realizar trabajo.

1.1.3. ENERGÍA POTENCIAL ELÁSTICA

Es la energía característica de los cuerpos elásticos. Éstos, tienen la capacidad de almacenar energía al experimentar deformaciones para posteriormente volver a su posición de equilibrio. Ya hemos visto que la fuerza que tienen este tipo de cuerpos viene dada por la ley de Hooke, por tanto, la capacidad para realizar trabajo por estos cuerpos estará dado por,

$$F_{\text{hooke}} = -k(x_f - x_0) \rightarrow W = -F\Delta d = -[E_p(x) - E_p(0)]$$

Siendo x el valor de la longitud de deformación. Por tanto, tomando medidas medias en las longitudes, la expresión que representa la energía potencial elástica es,

$$E_k = \frac{1}{2}kx^2$$

1.2. PRINCIPIO DE CONSERVACIÓN DE LA ENERGÍA MECÁNICA

Este principio tiene como base la capacidad que tienen los cuerpos para transformar la *energía mecánica*. Por tanto, la suma de las energías cinética y potencial recibe el nombre de **energía mecánica**.

$$E_m = E_c + E_p + E_k$$

Sin embargo, este año nos vamos a centrar en la suma de la **energía cinética y la potencial gravitatoria**. Así, tal y como hemos visto en los anteriores apartados, la variación de energía en cualquiera de sus variedades da el trabajo realizado por el sistema, por tanto

$$W = \Delta E_m = E_{m,f} - E_{m,i} = (E_c + E_p)_f - (E_c + E_p)_i$$

Si sobre el sistema no se realiza ningún trabajo y el sistema no realiza trabajo sobre el exterior, $W=0$ y $\Delta E_m = 0$ y la energía mecánica se conserva. Dicho de otra manera, si sobre un sistema solamente actúan fuerzas gravitatorias, electrostáticas o elásticas, la energía mecánica del sistema permanece constante.

$$\text{Si } W = 0 \implies E_m = E_c + E_p = \text{constante}$$

Este resultado se conoce con el nombre de **principio de conservación de la Energía mecánica**.

Si un sistema transfiere energía a otro (por rozamiento u otra causa), la energía mecánica no se conserva. Supongamos ahora un sistema en el que, además de fuerzas conservativas, aparecen fuerzas no conservativas como las de rozamiento o calor. El trabajo realizado sobre dicho sistema se transformará en energía mecánica (cinética y potencial) y en trabajo de rozamiento.

$$\Delta E_m = W_{\text{no cons.}}$$

En la práctica vemos continuamente una disipación de energía. Por ejemplo, si dejamos caer una pelota desde una altura, ésta en cada sucesivo bote va perdiendo altura hasta que llega un momento que se detiene en el suelo. Esto es debido a la pérdida de energía potencial en forma de calor con el suelo, rozamiento con el aire y con el suelo.

En los procesos en los que existe intercambio de energía, parte de la energía mecánica se disipa en forma de calor por el rozamiento.

$$E_{c,i} + E_{p,i} = E_{c,f} + E_{p,f} + W_{roz}$$

1.3. ENERGÍA TÉRMICA

Dos cuerpos en contacto siempre tienden al equilibrio térmico. Este equilibrio depende de varios factores, como la forma de los cuerpos o de la superficie que tienen en contacto, . . . , así dos manos que se juntan o un cubito de hielo inmerso en agua no tendrán la misma transferencia de energía térmica ya que la superficie de contacto no es la misma en los dos sistemas.

En el S. XIX surgió la **Teoría cinético molecular** para explicar el comportamiento de los gases y rápidamente se extendió al estudio de los distintos estados de agregación de la materia. Esta teoría se basa en unos simples postulados:

- Cualquier sustancia está constituida por átomos o moléculas que se encuentran en continuo movimiento.
- Cuanto mayor es la temperatura mayor es su movimiento, la velocidad de las partículas aumenta con la temperatura.

Según ésta los sólidos se caracterizan por que las partículas que lo forman se encuentran en unas posiciones fijas formando estructuras cristalinas, las fuerzas de atracción entre éstas son muy grandes y vibran en sus posiciones de equilibrio; en los líquidos las partículas están más separadas, no mantienen posiciones fijas y se produce un movimiento en forma de capas, y por último, las partículas que forman los gases tienen libertad total de movimientos y las fuerzas de atracción son prácticamente nulas.

1.3.1. LA TEMPERATURA

La temperatura es una magnitud física y por tanto susceptible de medida. Es una propiedad que poseen todos los cuerpos y depende de la velocidad media que tienen las partículas que lo constituyen. Si aumenta la velocidad de las partículas que

componen un sistema provocará un aumento de temperatura del sistema.

La temperatura, como todos sabemos, se mide con un termómetro, pero dependiendo del material utilizado en él se miden unas propiedades u otras. Unos miden el cambio de resistencia eléctrica otros miden la dilatación y los hay que se basan en el cambio de la fuerza electromotriz.

En el S.I. la unidad de temperatura es el grado kelvin (K) pero también se utilizan los grados centígrados ($^{\circ}\text{C}$) o el grado Fahrenheit ($^{\circ}\text{F}$) en los países anglosajones. La relación que existe entre las distintas unidades es,

$$T(K) = T(^{\circ}\text{C}) + 273 \qquad \frac{T(^{\circ}\text{C})}{100} = \frac{T(^{\circ}\text{F}) - 32}{180}$$

1.3.2. EL CALOR

Todos sabemos cuando un cuerpo está caliente o frío, basta con tocarlo y nuestro sentido del tacto nos lo clasifica en uno u otro caso e incluso podemos casi predecir a qué *temperatura* se encuentra ese cuerpo. La experiencia nos muestra que al poner dos cuerpos de distinta temperatura en contacto, con el paso del tiempo, finalmente adquieren la misma temperatura, esto es, se ha producido un *equilibrio térmico*. Bien, lo que se ha producido es una transferencia de energía térmica a la que llamamos *calor* desde el cuerpo de mayor temperatura al otro de menor temperatura. **Dos cuerpos que están en equilibrio térmico tienen la misma temperatura.**

Por tanto, el calor, (**Q**), es una energía que se transfiere de un cuerpo a otro como consecuencia de una diferencia de temperatura. Siempre tiene un sentido, desde los cuerpos más calientes a los más fríos. El calor se toma como una energía en movimiento por eso no se considera como un tipo de energía, es energía en tránsito y de igual forma que ocurría con el trabajo (energía transmitida por una fuerza), tiene las mismas unidades en el S.I., el Julio (J), aunque recordar que se utiliza mucho como unidad de calor la caloría ($1 \text{ cal} = 4,18 \text{ J}$).

Cualquier cuerpo tiene temperatura como consecuencia de la energía interna que posee, pero *no tiene calor*. El aumento o descenso de temperatura de los cuerpos es debido a la transferencia de calor, esto es, a la ganancia o pérdida de energía.

En los cuerpos, el calor puede manifestarse **cambiando su temperatura, cambiando el estado de agregación o cambiando su volumen** sin variar su masa, lo que se conoce como **dilatación**. Los efectos del calor deben tenerse en cuenta siempre que se realice cualquier obra o instrumento, las juntas de dilatación que

existen en muchas construcciones o los ventiladores de los ordenadores son muestra de ello.

1.3.3. PROPAGACIÓN DEL CALOR

El calor se puede propagar en los cuerpos de tres maneras distintas dependiendo del estado natural del cuerpo:

- **CONDUCCIÓN:** Se produce en los materiales sólidos. En ellos, la propagación del calor se produce sin que se desplacen las partículas que forman el sólido. Existen materiales que transmiten mejor el calor que otros, por ejemplo los metales son buenos conductores y la madera no. Los cuerpos que no conducen el calor se denominan **aislantes**.
- **CONVECCIÓN:** En esta caso, la propagación del calor se produce por el movimiento de las partículas del fluido, por tanto, se produce tanto en los líquidos como en los gases. No es difícil observar este fenómeno en las ollas de una cocina cuando calentamos el agua o cuando vemos un ave ascender en espiral hacia el cielo tomando una térmica.
- **RADIACIÓN:** Es la propagación del calor que se produce con las ondas electromagnéticas, sin intervención de partículas materiales que lo transportan. El ejemplo más claro se produce en la energía calorífica que nos llega del Sol.

1.4. POTENCIA

Una de las características más importantes de una máquina simple es la potencia (P). La potencia mide la eficacia de una máquina y relaciona el trabajo que desarrolla ésta con el tiempo que tarda en realizarlo. Por tanto, una fuerza es más eficaz (que no tiene por que ser eficiente) cuanto menor sea el tiempo empleado en transmitir la energía. Su expresión es,

$$P = \frac{W}{t} = \frac{Fd}{t} = Fv_m$$

Su unidad en el S.I. de unidades es el Watio aunque también se utiliza el caballo de vapor (CV), 1 CV=735,5 W. El Kw h es una unidad de trabajo, **no de potencia**.

El trabajo realizado en venir al instituto es el mismo si tardas 10 minutos que si tardas 2 horas, por tanto, la potencia mide la rapidez con la que se produce el trabajo. A mayor potencia más eficaz es el trabajo realizado.

1.5. RENDIMIENTO ENERGÉTICO

No toda la energía que consume un motor se transforma en energía útil. La energía se degrada fundamentalmente en calor y ruido. Los costes para recuperarla son altísimos y prácticamente inviables, de ahí que ningún aparato eléctrico tenga un mecanismo para recuperarla. Ahora bien, ¿conocéis algún aparato que realice esta transformación?

El rendimiento energético se define como la razón entre la energía aprovechada (energía útil) y la energía total consumida (E_{total}) en tanto por ciento, esto significa que no lleva unidades.

$$R(\%) = 100 \frac{E_{útil}}{E_{total}}$$

Para hacernos una idea el cuerpo humano tiene un 10 % de rendimiento, un motor de gasolina un 25 %, de gasoil 35 % y el motor eléctrico un 80 %. El rendimiento de los motores eléctricos es muy superior al de los motores de los automóviles.

1.6. FUENTES ENERGÉTICAS

Fuentes energéticas son los recursos energéticos, capaces de ser aprovechados para su transformación en energía útil y en condiciones económicas rentables. En el siguiente cuadro podemos ver los tipos de energía renovables o no. El término renovable hace referencia a la energía que se obtiene de fuentes naturales virtualmente inagotables.

ENERGIAS RENOVABLES ENERGIAS NO RENOVABLES

Biomasa	Carbón
Eólica	Gas natural
Geotérmica	Petroleo
Hidráulica	
Mareomotriz	
Solar	

Como vemos en ninguna de los aparece la energía nuclear. Esto es debido a que por una parte es renovable, si hablamos de fisión nuclear, y por otra es no renovable, si hablamos de la fusión nuclear.

1.7. PROBLEMAS PROPUESTOS

1. Calcula el trabajo que realiza un burro cuando ejerce una fuerza de 2000 N sobre un carro y lo arrastra 400 metros. Si el carro adquiere una velocidad media de 5 ms^{-1} , ¿qué potencia desarrolla el burro?

Es una aplicación directa de la definición de trabajo. El problema nos da la fuerza que ejerce el animal y el efecto que produce, un desplazamiento de 400 metros. Como ambas magnitudes están en unidades del sistema internacional,

$$W = F \cdot d = 2000 \cdot 400 = 800000 \text{ Julios}$$

Para esta segunda parte del problema tan solo tenemos que tener en cuenta la fuerza y la velocidad que lleva.

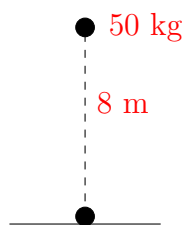
$$P = F \cdot v_{\text{media}} = 2000 \cdot 5 = 10000 \text{ Watios}$$

2. ¿Cuál es la velocidad de un atleta de 80 kg que tiene una energía cinética de 8000 J?

Como se está moviendo, el atleta tiene energía cinética, y dentro de esta expresión tenemos la magnitud velocidad. Para calcularla, tenemos que despejar correctamente la velocidad:

$$E_c = \frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2} \cdot 80 \cdot v^2 \Rightarrow v = \sqrt{\frac{2E_c}{m}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 8000}{80}} = 14,14 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

3. Una esfera metálica de 50 kg se deja caer desde una altura de 8 metros al suelo.
 - a) Calcula la energía mecánica que tiene en el momento de dejarla caer.
 - b) ¿Con qué velocidad llega al suelo?



Como siempre, primero hacemos el dibujo de la situación descrita en el problema para observar con más notoriedad lo que nos está pidiendo el problema.

Ya sabemos que la energía mecánica es la suma de la energía cinética y la energía potencial

$$E_m = E_c + E_p$$

- a) Recordando que el objeto se deja caer, su velocidad es cero. Por tanto,

$$E_m = E_c + E_p = \frac{1}{2}mv^2 + mgh \xrightarrow{v=0} E_m = E_p$$

$$E_m = mgh = 50 \cdot 9,8 \cdot 8 = 3920 \text{ J}$$

- b) La Energía mecánica se conserva mientras que no existan fuerzas externas. Entonces, la Energía mecánica es constante en todo su movimiento. En este caso, cuando el objeto toque en el suelo su altura es cero,

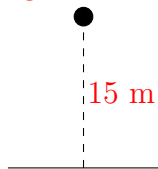
$$E_m = E_c + E_p = \frac{1}{2}mv^2 + mgh \xrightarrow{h=0} E_m = E_c$$

$$E_m = \frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2} \cdot 50 \cdot v^2 \Rightarrow v = \sqrt{\frac{2E_m}{m}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 3920}{50}} = 12,52 \frac{m}{s}$$

4. Desde una altura de 15 metros se lanza verticalmente hacia abajo un objeto de 3 kg de masa, con una velocidad inicial de 2 m/s. Si no existe rozamiento con el aire. Hallar:

- a) La energía cinética a 5 metros del suelo.
 b) La velocidad en ese momento y con la que llega al suelo.

3 kg ; $v=2 \text{ m/s}$ Lo primero es calcular la energía mecánica que tiene en el momento del lanzamiento,



$$E_m = E_c + E_p = \frac{1}{2}mv^2 + mgh = 456 \text{ J}$$

- a) Ahora sabiendo que la energía mecánica se conserva, podemos hallar en cualquier punto de la trayectoria la velocidad. En este caso, nos lo piden a los 5 metros antes de llegar al suelo. Entonces,

$$E_{m1} = E_{m2} \rightarrow 456 = E_{c2} + 150 \Rightarrow E_{c2} = 306 \text{ J}$$

- b) Por tanto, la velocidad a los 5 metros del suelo será de,

$$v = \sqrt{\frac{2E_c}{m}} = 14,3 \text{ m/s}$$

Haciendo los mismos pasos que en el apartado a, pero teniendo en cuenta que la energía potencial en el suelo es cero (por tener altura cero), la velocidad cuando golpea el suelo es de,

$$E_{m1} = E_{m3} \rightarrow E_{c3} = 456 \text{ J}$$

$$v_3 = \sqrt{\frac{2E_{c3}}{m}} = 17,4 \text{ m/s}$$

5. Si la potencia de un ciclista es de 450 W, calcula cuál sería la velocidad que alcanzaría al cabo de 6 s de pedalear si en un principio se encontraba parado. ($m_{total} = 85 \text{ kg}$).

Recordemos que la potencia es una medida de la rapidez con la que se realiza un trabajo, por tanto, matemáticamente se representa como la razón entre el trabajo realizado y el tiempo transcurrido en hacerlo.

Sabiendo esto y teniendo en cuenta que el ciclista sufre un cambio de velocidad, estamos en condiciones de afirmar que el trabajo realizado se transforma en energía cinética, por tanto

$$P = \frac{W}{t} \rightarrow W = E_c = P \cdot t = 450 \cdot 6 = 2700 \text{ J}$$

y la velocidad que ha adquirido el ciclista es,

$$E_c = \frac{1}{2}mv^2 \rightarrow v = \sqrt{\frac{2E_c}{m}} = 8 \text{ m/s}$$