# FÍSICA Y QUÍMICA

## 1º Bachillerato

## I. FÍSICA

## Trabajo y Energía

## II. QUÍMICA

**Prof. Jorge Rojo Carrascosa**

# Índice general

# 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 tienen una gran energía ya que tenemos 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), $\cdots$

Las unidades de energía que se utilizan en el S.I. son el julio (J). Pero también se utilizan el kilojulio (kJ), la caloría (cal, siendo 1 cal=4,18 J) y la kilocaloria o el kiloWatio-hora (kWh, con 1 kWh=3600000 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 diminuye la energía siempre habrá otro que hará la 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 esta realizando un *esfuerzo*, ahora bien, si levantamos el objeto entonces se esta realizando un *tra-*

*bajo*; 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 extrechamente relacionadas.

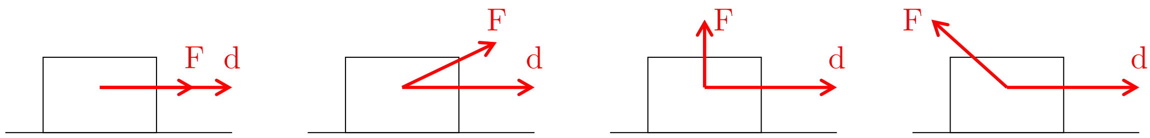
Un objeto pierde energía cuando realiza trabajo (signo negativo para el trabajo) y gana energía cuando cuando se realiza trabajo sobre él (signo positivo para el trabajo).

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 alguna de las componentes de la fuerza produzca un desplazamiento del objeto. El **trabajo mecánico** se define como W y su expresión es,

$$\boxed{W = Fd\cos\alpha \ = F_x d}$$

Donde F es la fuerza aplicada, $d = (x_f - x_0)$ el desplazamiento que sufre el objeto y $\alpha$ se corresponderia con el ángulo que forma la fuerza con la dirección del desplazamiento, de ahí que $F_x = F\cos\alpha$.

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.




| | | | |
|---|---|---|---|
| $\alpha = 0º$ | $0 < \alpha < 90º$ | $\alpha = 90º$ | $90º < \alpha < 180º$ |
| $\cos\alpha = 1$ | $\cos\alpha > 0$ | $\cos\alpha = 0$ | $\cos\alpha < 0$ |
| W máximo | $W > 0$ | W $= 0$ | $W < 0$ |

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.

# 1.1. TIPOS DE ENERGÍA

## 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,

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

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:

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

Haciendo uso de integrales (aunque aún no las hemos estudiado) nos quedaría:

$$dW = F_T ds = m\frac{dv}{dt}ds = mv \cdot dv \longrightarrow W_{AB} = \frac{1}{2}m(v_B^2 - v_A^2) = E_{cB} - E_{cA} = \Delta E_c$$

Observar que la energía cnética se puede expresar en función de la cantidad de movimiento, $E_c = \frac{p^2}{2m}$

Como conclusión a la deducción anterior se enuncia **el teorema de las fuerzas vivas**, *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.*

$$\boxed{W = \Delta E_c = E_{c2} - E_{c1}}$$

### 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,

$$W = Fd = F(h_1 - h_0) \overset{F=-mg}{\longrightarrow} Fd = -(mg(h_1 - h_0)) = -[E_p(1) - E_p(0)] \Rightarrow \boxed{W = -\Delta E_p}$$

Siendo $h_1$ y $h_2$ las alturas respecto del suelo y donde la energía potencial es,

$$\boxed{E_p = mgh}$$

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

### 1.1.3. ENERGÍA POTENCIAL ELÁSTICA

Esta energía es 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,

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

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,

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

## 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.* En los tipos de energía descritos anteriormente el trabajo realizado para desplazar una particula entre dos puntos es independiente de la trayectoria seguida entre tales puntos, esto es consecuencia de las fuerzas utilizadas para hallar el trabajo. A este tipo de fuerzas se denominan fuerzas conservativas y generan la madre de todas las leyes, **La ley de la conservación de la energía**. Por tanto, la suma de las energías cinética y potencial (ya sea una o ambas de las vistas) recibe el nombre de **energía mecánica** ($E_m = E_c + E_p$). 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

$$W = \Delta E_m = E_f - E_i = (E_c + E_p)_f - (E_c + E_p)_i$$

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.

$$Si\ W = 0 \Longrightarrow E_m = E_c + E_p = cte$$

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. El trabajo realizado sobre dicho sistema se transformará en energía mecánica (cinética y potencial) y en trabajo de rozamiento.

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

## 1.3. ENERGÍA DEL OSCILADOR ARMÓNICO

Cualquier cuerpo sometido a un movimiento armónico tiene energía cinética y potencial. Por el mero hecho de tener movimiento, presenta energía cinética. Sin embargo, la energía potencial, es consecuencia de la fuerza conservativa presente en el oscilador mecánico.

La **energía cinética** del oscilador viene dada por la sustitución de términos cinéticos del oscilador en la propia definición de la energía,

$$E_c = \frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2}mk\left(A^2 - x^2\right) = \frac{1}{2}kA^2\cos^2(\omega t - \phi)$$

La expresión muestra como la energía cinética es periódica, tiene su valor máximo en el centro y mínimo en los extremos.

La **energía potencial** se corresponde con la energía potencial elástica, por tanto,

$$E_p = \frac{1}{2}kx^2 = \frac{1}{2}kA^2\sin^2(\omega t - \phi)$$

Siendo periódica pero con su valor máximo en los extremos y mínimo, en el centro.

La suma de ambas energías nos permite deducir la **energía mecánica** del oscilador. Analizando la expresión podemos confirmar que la energía total depende de las propiedades del oscilador, como son la constante elástica y la amplitud.

$$E_m = E_c + E_p = \frac{1}{2}k(A^2 - x^2) + \frac{1}{2}kx^2 = \frac{1}{2}kA^2$$

## 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. es el Watio aunque también se utiliza mucho el kilowatio y 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 mecánismo para recuperarla pero, ¿conocéis algun aparato que realice esta transformación?.

El rendimiento energético se define como la razón entre el trabajo que realiza (trabajo útil) y la energía consumida () en tanto por ciento, esto significa que no lleva unidades.

$$R(\%) = 100\frac{W_r}{E_c} \quad o \qquad R(\%) = 100\frac{P_r}{P_c}$$

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. CHOQUES O COLISIONES

Una vez visto la conservación del momento lineal y la conservación de la energía cinética, estamos en condiciones de estudiar los fenómenos de colisiones. Una colisión entre dos particulas provoca una alteración de su movimiento produciendo un intercambio de momento y de energía. Se habla de *dispersión* cuando el choque de las partículas mantiene las mismas partículas que en el inicio y se habla de *reacción* cuando las particulas finales no son identicas a las iniciales.

### 1.6.1. CHOQUE ELÁSTICO

Supongamos dos particulas moviendose con velocidad constante en la misma dirección que chocan. Antes y después de la colisión,al no existir fuerzas exteriores, se conserva la cantidad de movimiento del sistema y la energía totalde ambas partículas. Así pues, si denotamos con una (’) a las magnitudes despues del choque, tendremos que las leyes de conservaciones antes y depués del choque serán

$$\textit{Cantidad de movimiento} \Rightarrow m_1 v_1 + m_2 v_2 = m_1 v_1^{'} + m_2 v_2^{'}$$

$$\textit{Conservaión de la energía} \Rightarrow \frac{1}{2} m_1 v_1^2 + \frac{1}{2} m_2 v_2^2 = \frac{1}{2} m_1 v'^2_1 + \frac{1}{2} m_2 v'^2_2$$

Tenemos un sistema de ecuaciones que la sustituimos por,

$$m_1(v_1 - v_1^{'}) = m_2(v_2^{'} - v_2)$$

$$m_1(v_1^2 - v'^2_1) = m_2(v'^2_2 - v_2^2)$$

Dividiendo la segunda ecuación por la primera y manteniendo la primera ecuación,

$$m_1(v_1 - v_1^{'}) = m_2(v_2^{'} - v_2)$$

$$v_1 + v_1^{'} = v_2^{'} + v_2$$

Despejando $v_2^{'}$ y sustituyendo en la primera permite hallar la velocidad de salida de cada partícula,

$$v_1^{'} = \frac{m_1 - m_2}{m_1 + m_2} v_1 + \frac{2m_2}{m_1 + m_2} v_2$$

$$v_2^{'} = \frac{2m_1}{m_1 + m_2} v_1 + \frac{m_2 - m_1}{m_1 + m_2} v_2$$

Si ambas partículas poseen la misma masa, entonces $v_1^{'} = v_2$ y $v_2^{'} = v_1$, las dos partículas intrecambian sus velocidades.

De estas dos ecuaciones podemos sacar aún más conclusiones que las dejo para vosotros. Por ejemplo, que ocurre si una de las dos partículas esta en reposo ($v_2 = 0$), y si además las masas de ambas son iguales. Muchas veces una masa es mucho mayor que otra, evaluarlo para $m_2 >> m_1$.

### 1.6.2. CHOQUE INELÁSTICO

La diferencia con un choque elástico estriba en que como consecuencia de la colisión las dos partículas quedan incrustadas en una única masa. Por ejemplo una bala de masa $m$ y velocidad $v$ que se incrusta en un bloque de masa $M$ en reposo (péndulo balístico). La cantidad de movimiento y la energía cinética antes del choque teniendo en cuenta que el bloque esta en reposo es,

$$p_i = mv \qquad E_{ci} = \frac{1}{2}mv_i^2 = \frac{p_i^2}{2m}$$

Después del choque, ambos cuerpos se mueven juntos,

$$p_f = (m+M)v' \qquad E_{cf} = \frac{1}{2}(m+M)v'^2 = \frac{p_f^2}{2(m+M)}$$

Podemos sacar la velocidad con la que salen aplicando el principio de conservación del momento lineal,

$$p_i = p_f \Longrightarrow v' = \frac{m}{m+M}v \Longrightarrow E_{cf} = \frac{p_i^2}{2(m+M)}$$

Como después del choque la energía total se conserva, el pendulo adquirirá una altura, $h$, dada por,

$$E_p = E_{cf} \Rightarrow (m+M)gh = \frac{m^2v^2}{2(m+M)} \Rightarrow \boxed{h = \frac{m^2v^2}{2(m+M)^2g}}$$

De aquí también podemos depejar la velocidad para hallar la velocidad de impacto sabiendo que altura ha subido el sistema,

$$\boxed{v = \frac{m+M}{m}\sqrt{2gh}}$$

## 1.7. FUENTES ENERGÉTICAS

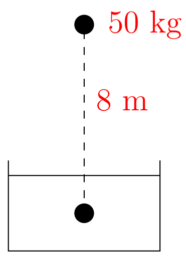
Fuentes energéticas son los recursos energéticos, capaces de ser aprovechados para su transformación en energía útil y en condiciones económicas rentables. En el siguiente cuadro podemos ver los tipos de energía renovables o no. El término renovable hace referencia a la energía que se obtiene de fuentes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

# 1.8. PROBLEMAS PROPUESTOS

1. Una esfera metálica de 50 kg se deja caer desde una altura de 8 metros a un suelo arenoso. La esfera penetra en la arena 30 cm, halla la fuerza de resistencia ejercida por la arena.




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

La fuerza que están pidiendo es de rozamiento de la arena con la esfera, lo que provoca su detención y por tanto, esta fuerza debe ser negativa.

Teniendo en cuenta que $W = \Delta E_p$, nos queda,

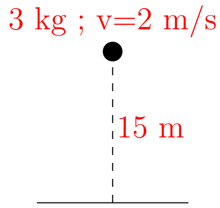
$$W = E_{pf} - E_{pi} = mgh_f - mgh_i \xrightarrow{h_f=0} = -mgh_i = 50 \cdot 10 \cdot 8 = -4000\ J$$

Esta energía potencial es la que se va ha emplear en realizar un trabajo. En el caso que tenemos, ese trabajo es el correspondiente a la penetración de la esfera en la arena. Como la fuerza de rozamiento se opone al movimiento su signo debe ser negativo,

$$W = \Delta E_p \rightarrow Fd = -4000 \longrightarrow F = \frac{4000}{0,3} = 13333,3\ N$$

2. 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.




Lo primero es calcular la energía mecánica que tiene en el momento del lanzamiento,

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

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,

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

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

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

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

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

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

3. 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. ($m_{total} = 85 \ kg$).

   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

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

   y la velocidad que ha adquirido el ciclista es,

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

4. La constante de un muelle es 250 $Nm^{-1}$ y se encuentra sobre una mesa, sujeto a ella por un extremo. El muelle se ha comprimido 5 cm y tiene adosado a su extremo una masa de 500 g. Calcula la velocidad del cuerpo al recuperar el muelle su longitud natural cuando se libera:

a) Si se pueden despreciar los rozamientos.
b) Si el coeficiente de rozamiento cinético entre el cuerpo y la mesa es $\mu = 0,18$.

a) La energía potencial elástica del muelle por estar comprimido es,

$$E_p = \frac{1}{2}k(\Delta x)^2 = 0,31\ J$$

Por tanto, la energía cinética que adquiere el cuerpo cuando el muelle recupera su longitud natural es exactamente, la energía potencial elástica que tenía cuando estaba comprimido.

$$E_c = \frac{1}{2}mv^2 \ \Rightarrow \ v = 1,12\ ms^{-1}$$

b) Si existe rozamiento entre la masa y el suelo, parte de la energía potencial elástica se invierte en vencer esa fuerza de rozamiento.

$$F_r = \nu mg = 0,882\ N \ \Rightarrow \ W_{roz} = F_r \Delta x \cos 180^o = 0,0441\ J$$

Por tanto, la energía cinética que adquiere el cuerpo vendrá dada por la resta de la energía potencial elástica y el trabajo de rozamiento,

$$E_c = E_p - W_{roz} = 0,27 \ \Rightarrow \ v = 1,04\ ms^{-1}$$

5. Una masa de 200 gramos unida a un muelle de constante elástica K = 20 N/m oscila con una amplitud de 5 cm sobre una superficie horizontal sin rozamiento.

a) Calcular la energía total del sistema y la velocidad máxima de la masa.
b) Hallar la velocidad de la masa cuando la elongación sea de 3 cm.
c) Hallar la energía cinética y potencial elástica del sistema cuando el desplazamiento sea igual a 3 cm

a) La energía mecánica es,

$$E_m = \frac{1}{2}kA^2 = 0,025\ J$$

y puesto que la velocidad máxima ocurre cuando la masa pasa por la posición de equilibrio, donde la energía potencial es cero, nos queda

$$E_m = E_c = \frac{1}{2}mv^2 \ \Rightarrow \ v = 0,5\ m/s$$

b) La velocidad de la partícula es,

$$v = \omega\sqrt{A^2 - x^2} = 0,4\ m/s$$

siendo $\omega = \sqrt{\frac{k}{m}} = 10\ rad/s$.

c) Aplicando las definiciones nos queda

$$E_c = \frac{1}{2}mv^2 = 1,6 \cdot 10^{-2}\ J$$

$$E_c = \frac{1}{2}kx^2 = 9 \cdot 10^{-3}\ J$$