XUNTA DE GALICIA
CONSELLERÍA DE EDUCACIÓN
E ORDENACIÓN UNIVERSITARIA
Dirección Xeral de Educación, Formación
Profesional e Innovación Educativa

Educación secundaria
para personas adultas

Ámbito científico tecnológico

Educación a distancia semipresencial

Módulo 3

Unidad didáctica 6

Energía I

Índice

1. Introducción

1.1 Descripción de la unidad didáctica

La palabra energía proviene del griego “*energós*”, asociada a “*en*” (dentro o interior) y “*ergos*” (trabajo). Con todo, no es hasta la época de Galileo cuando la energía se asocia con la capacidad de producir trabajo. Posteriormente, con el matemático holandés Christiaan Huygens, la energía se asocia al concepto de fuerza viva, “vis viva”, definida como el producto de la masa por el cuadrado de la velocidad, relacionándola, por tanto, con la producción de movimiento.

Desde una *perspectiva macroscópica* definimos varios tipos de energías: cinética, gravitacional, elástica, térmica, eléctrica, química, radiante, nuclear, másica. Con todo, desde el *punto de vista microscópico* sólo cabría pensar en dos formas de energía: una *cinética*, debida al movimiento de las partículas; y otra *potencial*, debida a la interacción entre ellas. Todas las formas de energía podrían justificarse a partir de estas dos últimas.

En esta unidad analizaremos el trabajo y el calor como formas de transferir energía, estudiaremos las energías que llamamos mecánicas, que son la cinética y potencial gravitacional, e introduciremos el planteamiento matemático del principio de conservación de la energía mecánica. Todo ello nos permitirá analizar la evolución de un proceso físico a partir de que una determinada cantidad mantenga siempre el mismo valor a lo largo de todo el proceso.

Para terminar, asociaremos la energía cinética de los electrones a su movimiento a lo largo de un conductor y su capacidad para producir lo que llamamos corriente eléctrica. Definiremos el concepto de resistencia eléctrica y de voltaje aplicándolos a la resolución de los circuitos eléctricos.

1.2 Conocimientos previos

Hace falta repasar del Módulo II la Unidad 7, los tipos y las transformaciones de energía, identificarlos y valorar cómo se ponen de manifiesto en los fenómenos cotidianos.

Del Módulo II Unidad 5, interesa revisar el concepto de calor. De este mismo módulo, en la Unidad 6, la explicación de la naturaleza del enlace metálico utilizando la teoría de los electrones libres.

De la Unidad 5 de este Módulo III, el conocimiento de los distintos tipos de fuerzas y los efectos sobre los cuerpos en los que actúan aplicando la segunda ley de Newton, así como los movimientos y las ecuaciones de los movimientos uniforme y uniformemente acelerado.

Hace falta repasar la resolución de ecuaciones de primer grado de matemáticas.

1.3 Criterios de evaluación

- Reconocer que la energía es la capacidad de producir transformaciones o cambios.
- Reconocer que el calor y el trabajo son dos formas de transferencia de energía, identificando las situaciones en las que se producen.
- Relacionar los conceptos de trabajo y potencia en la resolución de problemas, expresando los resultados en unidades del Sistema Internacional (SI) así como en otras de uso común.
- Analizar las transformaciones entre energía cinética y energía potencial, aplicando el principio de conservación de la energía mecánica, cuando se desprecia la fuerza de roce, y el principio general de conservación de la energía, cuando existe disipación de esta debida al roce.
- Explicar el fenómeno físico de la corriente eléctrica e interpretar el significado de las magnitudes: intensidad de corriente, diferencia de potencial y resistencia, así como las relaciones entre ellas.

2. Secuencia de contenidos y actividades

2.1 Intercambio de energía. Trabajo y calor

Cuando analizamos la energía sabemos que esta es necesaria para realizar cualquier tarea, ya sea de un tipo o de otro. Pero encontrar una definición general de energía no es fácil, la más aceptada es:

Energía: *es la magnitud física por la que los cuerpos tienen capacidad para realizar transformaciones en ellos mismos o en otros cuerpos*.

Cuando un sistema experimenta una transformación, nosotros la percibimos como movimiento en el sistema. Será preciso, por lo tanto, determinar el tipo de movimiento para identificar el tipo de energía con el que tratamos.

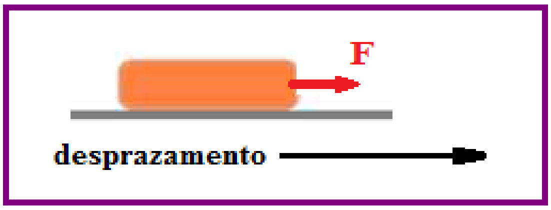
Formas de energía	Fuentes de energía	Movimiento
Mecánica Cinética Potencial gravitacional	Máquinas	Velocidad del sistema Altura de un sistema Deformación
Eléctrica	Térmicas Hidráulicas Eólicas Pilas	Electrones en movimiento
Térmica	Combustiones Química Efecto Joule (eléctrico)	Agitación de moléculas
Química	Productos químicos Ruptura de enlaces	Partículas en movimiento
Radiante	Sol	Radiación electromagnética Movimiento ondulatorio
Nuclear	Fisión o Fusión	Movimiento de neutrones

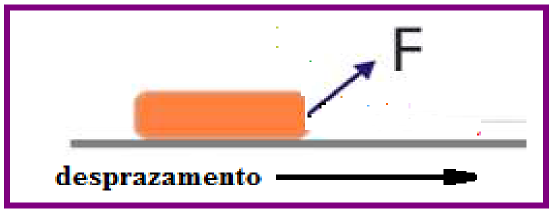
2.1.1 Trabajo y energía

Es habitual relacionar el concepto de trabajo con un determinado esfuerzo al que nos sometemos a nosotros o a una máquina en la vida cotidiana. Pero en física asociamos el concepto de trabajo con el hecho de que haya un desplazamiento de un cuerpo al que se aplica una fuerza. Para que exista trabajo tienen, por lo tanto, que coexistir esos dos factores: “fuerza” y “desplazamiento”. Por tanto, podemos definir el trabajo como:

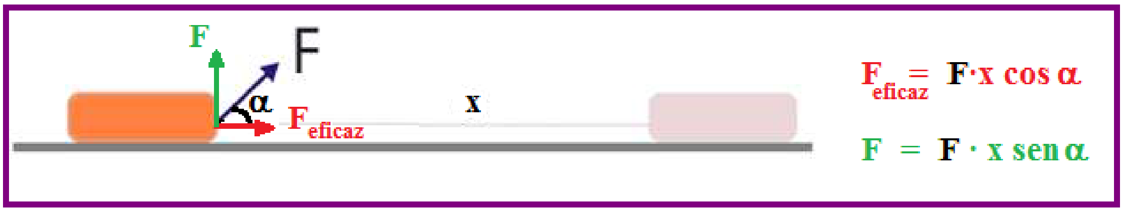
$W = F \cdot x$	Trabajo es el producto de la fuerza por el desplazamiento.

Pero con esta definición quedamos cortos, ya que no es lo mismo que la fuerza esté dirigida en la dirección del desplazamiento o que tenga cierta inclinación con respecto a esta dirección.



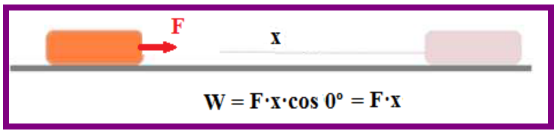


Hablaremos entonces de trabajo eficaz como aquel en que la fuerza está dirigida en la dirección del desplazamiento. Para considerar esto matemáticamente solo tenemos que considerar que tanto la fuerza, *F*, como el desplazamiento, *x*, son vectores y, por lo tanto, tienen módulo, dirección y sentido. Vimos en la unidad 5 que siempre que tengamos varias fuerzas las podemos componer y obtener una fuerza resultante. Ahora el proceso es el inverso: dada una fuerza, siempre la podremos descomponer como la suma de una que tira en la dirección del desplazamiento y otra en la dirección perpendicular a esta. Para calcular el trabajo eficaz nos quedaremos tan solo con la primera y la multiplicaremos por el desplazamiento. El cálculo de la fuerza en la dirección del desplazamiento requiere la utilización de una función trigonométrica llamada *coseno*, que se puede obtener con la calculadora. La definición nos quedaría así:

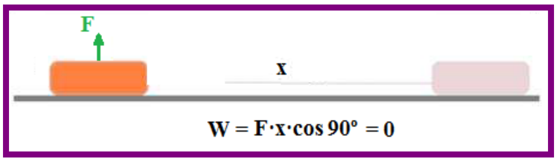


Trabajo eficaz: $W = \mathrm{F} \cdot \mathrm{x} \cdot \cos\alpha$

Vemos con esta expresión del trabajo que su valor dependerá de la dirección en la que actúe la fuerza. Podemos destacar tres situaciones:

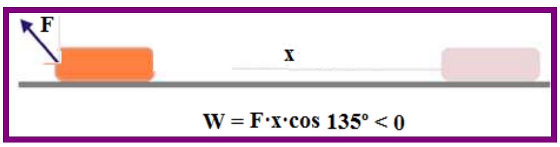


La fuerza y el desplazamiento forman un ángulo entre 0º y 90º: el trabajo será positivo; en caso de que el ángulo sea de 0º, entonces el trabajo será el máximo W = F · x



La fuerza y el desplazamiento forman un ángulo de 90º, son perpendiculares. Como el cos 90º = 0, el trabajo será nulo:

W = F · x · cos 90º = 0



Si el ángulo está entre 90º y 180º, como el coseno es negativo, el trabajo será negativo, será un trabajo de frenado. En el caso especial de 180º, cos 180º = -1, entonces:

W = F · x · cos 180º = - F · x

Podemos ahora encontrar una definición de la energía en términos de trabajo:

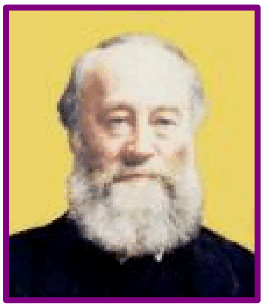
Energía es la capacidad que tiene la materia para producir trabajo.

El trabajo realizado por un sistema tiene que ser igual a su variación de la energía.

Unidades del trabajo

De la propia definición del trabajo, W = F · x, como la fuerza en el sistema internacional va en Newtons y el desplazamiento en metros, *m*, el trabajo tendrá unidades de Newtons por metro, N · m. A estas unidades se les denominó Joule, *J*, en honra del científico **James Prescott Joule**:

Un Joule es la cantidad de trabajo que tiene que ejercer una fuerza de un Newton para desplazar un objeto una distancia de un metro.



James Prescott Joule (1818 - 1899) físico inglés, nacido en Salford, Manchester. Fue para muchos científicos el más grande experimentador de todos los tiempos. Es conocido, sobre todo, por sus investigaciones en electricidad y termodinámica. La naturaleza del calor, su relación con el trabajo mecánico, lo que lo condujo a la teoría de la conservación de la energía (primera ley de la termodinámica). Trabajó con Lord Kelvin para el desarrollo de la escala absoluta de la temperatura, analizó la magnetostricción y encontró una relación entre la corriente eléctrica que atraviesa una resistencia y el calor disipado, llamada actualmente *ley de Joule*.

Actividad resuelta

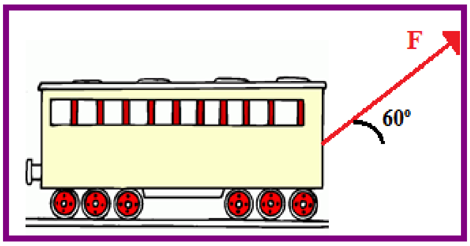
Determine la fuerza necesaria que hay que aplicarle a un carro para que se desplace una distancia de 10 m cuando el trabajo que consumimos es de 3.500 J.

La fuerza y el desplazamiento van en la misma dirección, entonces:

W = F · x

3.500 = F·10 de donde F = 350 N

Se aplica una fuerza de 300 N oblicuamente formando un ángulo de 60º para arrastrar un vagón sobre la vía una distancia de 3 km. ¿Qué trabajo se realizó?



Como la fuerza y el desplazamiento forman un ángulo

de 60º tendremos que usar la función coseno:

W = F · x · cos 60º = 300 · 3.000 cos 60º = 450.000 J

2.1.2 Calor y energía

Acabamos de ver cómo podemos transferir energía por medio del trabajo mecánico. Sin embargo, hay otras formas de intercambio de energía que no se pueden cuantificar a través del trabajo. El intercambio de energía térmica a calorífica se cuantifica por el calor y esta por las variaciones de la temperatura.

Según la teoría cinética molecular de la materia cuando elevamos la temperatura de un cuerpo, sus moléculas se mueven cada vez a mayor velocidad, es decir, ganan energía. A esta agitación de las moléculas es a lo que llamamos energía térmica, y la temperatura es lo que nos da una medida de esta energía. Cuando dos cuerpos a diferentes temperaturas se ponen en contacto, llega un momento en que ambos están a la misma temperatura, la agitación térmica de las moléculas de uno se transfirió al otro hasta conseguir lo que llamamos equilibrio térmico.

Calor: es la transferencia de energía que tiene lugar desde un cuerpo caliente (a mayor temperatura) a otro frío (a menor temperatura) al ponerlos en contacto.

Medir la temperatura es por lo tanto medir la agitación térmica de las sustancias. ¿Cómo podemos cuantificar esto? La idea que se les ocurrió a los científicos fue tomar una sustancia en un estado determinado y darle un valor, tomar la misma sustancia en otro estado y ponerle otro valor, y hacer luego una escala entre ambos valores.

En la escala Celsius de temperatura se le puso el valor de 0 al punto de fusión del agua, y el valor de 100 al punto de ebullición y se marcó una escala con 100 divisiones, a cada una de estas divisiones se le llamó grado, a esta escala también se la conoce como centígrada (centi-grado = cien grados).

Otra escala de temperaturas es la escala Kelvin, en ella se toma como referencia que un cuerpo con temperatura 0 no tiene absolutamente ninguna agitación térmica, todas sus partículas constituyentes están totalmente quietas, no hay ningún movimiento, y a partir de aquí se aceptó una distancia entre temperatura equivalente al grado Celsius. En esta escala la fusión del agua se produce a 273 y la ebullición a 373, pero en este caso no hablaremos de grados, ya que la escala no está graduada, son temperaturas absolutas y diremos 373 Kelvin, 373 K.

Equivalencia entre escalas: $T(K) = T(^{o}C) + 273$

Ahora que ya sabemos cómo determinar la variación en la agitación térmica de una sustancia, es decir, medir su temperatura; podemos analizar cómo cuantificar la cantidad de energía transferida cuando cambia su temperatura, o sea, determinar el calor transferido.

Podemos observar tres sencillas experiencias: primero, que cuanto más tiempo calentemos una sustancia con una llama, más aumenta la temperatura; segundo, si calentamos un vaso con medio litro de agua y otro con un litro, ambos hasta la misma temperatura, el que tiene más agua tiene que estar más tiempo al fuego; y en tercer lugar, si calentamos la misma masa de agua y de hierro para conseguir la misma temperatura, tiene que estar tiempos diferentes. Sacamos luego tres conclusiones:

La transferencia de calor va a depender de:

- La variación de la temperatura de la sustancia a lo largo del proceso.
- La cantidad de masa de la sustancia.
- La naturaleza de la sustancia. No es lo mismo si es agua que si es hierro.

Si queremos una expresión matemática de estas conclusiones tendremos:

$$Q = m \cdot c \cdot (T_f - T_i)$$

Q es el calor, la transferencia de energía para que un cuerpo cambie su temperatura.

m es la cantidad de masa de la sustancia que estamos calentando.

c es el calor específico de la sustancia, la cantidad de calor que tenemos que suministrar a un kilo de sustancia para aumentar su temperatura un grado centígrado o un Kelvin. Esta cantidad se obtiene por calorimetría en los laboratorios para cada material y se recoge en unas tablas.

Tabla de calores específicos, *c*.						
Sustancia	Agua	Amoniaco	Hierro	Cobre	Oxígeno	Vapor de agua
$\boldsymbol{c}; (\frac{\boldsymbol{J}}{\boldsymbol{kg \cdot K}})$	4.180	4.798	1.450	1.383	1.902	2.060

T_f y T_i son las temperaturas finales e iniciales de la sustancia.

Unidades de calor

Ya vimos antes que el trabajo se relaciona con la variación de la energía, luego esta tiene las mismas unidades que el trabajo, y como el calor es una forma de transferencia de energía, sus unidades tienen que ser las mismas, por lo tanto el Joule es la unidad de calor en el SI.

Si en lugar de utilizar para la masa el kilo del SI utilizamos el gramo, podemos expresar la unidad de calor en calorías, definidas como la cantidad de calor que tenemos que suministrar a un gramo de agua para aumentar su temperatura un grado. La equivalencia es:

1 cal = 4,18 J   1 kcal = 4.180 J

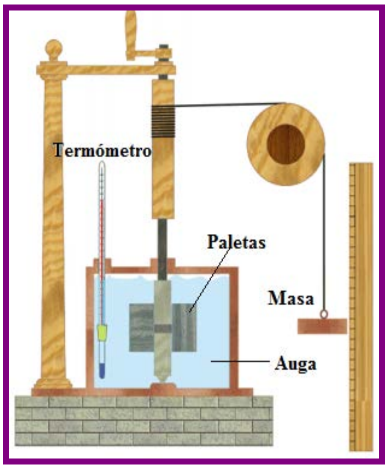
Actividad resuelta

Una pieza de cobre de 100 g se enfría desde los 80 ºC hasta los 45 ºC. Si el calor específico del cobre es 339 J/kg · K, ¿la cantidad de calor que cede sería suficiente para calentar 100 g de agua desde los 11 ºC hasta los 26 ºC? $C_{(agua)}$ = 4.180 J/kg · K

> Lo primero será tener mucho cuidado con las unidades, las masas tienen que estar en kg y las temperaturas en Kelvin, así la masa del cobre es: m = 100 g = 0,1 kg.
> T_f = 45º C + 273 = 318 K; T_i = 80 ºC + 273 = 353 K
> El calor que cede al enfriarse es: Q = c · m · (T_f - T_i) = 339 · 0,1 · (318 – 353) = -1.186,5
> Observe que es una cantidad negativa, lo que quiere decir que es un calor que cede, que el sistema desprende.
> Vemos hasta qué temperatura podemos calentar el agua con este calor: T_i = 11 ºC + 273 = 284 K; m = 0.1 g de agua
> Q = c · m · (T_f - T_i) → 1.186,5 = 4.180 · 0,1 · (T_f – 284) $\rightarrow T_f = 284 + \frac{1.186,5}{418} = 286{,}84\ K$
> Por tanto T_f = 286,84 – 273 = 13,84 ºC no será suficiente para elevar la temperatura hasta los 26 ºC.
> Dado que en este problema solo se trabaja con diferencias de temperaturas, podríamos resolverlo sin necesidad de pasar la temperatura a Kelvin.

Relación entre el calor y el trabajo.

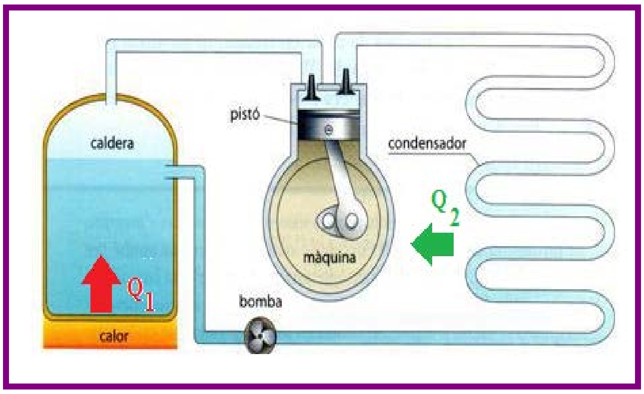
Vimos que tanto el calor como el trabajo son una transferencia de energía, pero fue el gran científico James Prescott Joule el que consiguió demostrar experimentalmente la equivalencia entre el calor y el trabajo y, por tanto, formular el principio de conservación de la energía, que se conocería después como el primer principio de la termodinámica.



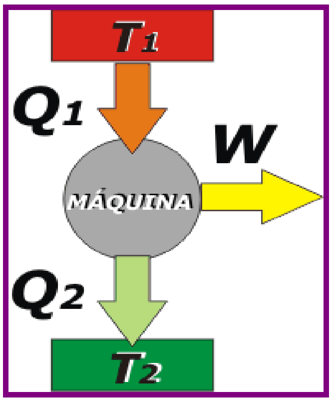
Joule se propuso demostrar que se podía elevar la temperatura del agua transfiriéndole energía mecánica. El aparato que empleó se muestra en la figura. En el interior de un recipiente perfectamente aislado, se introduce 1 kg de agua a 14,5 ºC. Al recipiente se le ajustan unas paletas conectadas mediante una cuerda con una masa que puede caer. Conforme la masa cae, las paletas giran, por lo que la energía de caída de la piedra se convierte en trabajo mecánico de las paletas girando. Debido a este giro, el agua aumenta de temperatura (el giro de las paletas se transforma en calor). Joule demuestra, además, que siempre que se realiza la misma cantidad de trabajo se obtiene la misma cantidad de calor independientemente de si el trabajo es eléctrico, mecánico o químico.

Con este experimento Joule logra demostrar que todo el trabajo mecánico puede ser transformado en energía térmica, pero lo contrario no es cierto, no todo el calor puede ser transformado en energía mecánica, siempre habrá una cantidad de calor que tendrá que ser cedida a un foco frío. Este es el principio de funcionamiento de una máquina térmica. Por ejemplo, si observamos una máquina de vapor, tiene una caldera donde se calienta el agua para convertirse en vapor, este se expande en el interior de un cilindro y mueve una biela que nos proporciona el trabajo mecánico. Pero para que el pistón vuelva a su sitio, el vapor tiene que condensarse de nuevo y para eso tiene que perder calor; en este caso el foco frío es el ambiente.

El trabajo mecánico que puede proporcionar una máquina térmica viene dado por la diferencia entre el calor absorbido de la caldera y el que cede al foco frío al enfriar.



Máquina de vapor



Esquema de máquina térmica

En los esquemas de la figura, Q1 es el calor absorbido en el foco caliente a temperatura T1, y Q2 es el calor que cede al foco frío la temperatura T2. Podremos establecer que el trabajo mecánico que puede realizar una máquina térmica será la diferencia entre los calores absorbidos y cedidos:

$$\mathrm{W} = Q_1 - Q_2$$

El rendimiento de cualquier transformación energética es:

$$Rendimiento\ (\%) = \frac{energía\ útil}{energía\ consumida} \cdot 100$$

Por lo tanto, para una máquina térmica tendremos que el rendimiento se denomina normalmente con la letra griega η (eta):

$$\eta(\%) = \frac{W}{Q_1} \cdot 100 = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1} \cdot 100$$

Principio de conservación de la energía

A partir de los estudios de Joule es fácil comprender que hubiese llegado a formular el principio de conservación de la energía:

“La energía no se crea ni se destruye, tan sólo se transforma”

En el ejemplo de la máquina térmica la energía absorbida en forma de calor se transforma en trabajo mecánico.

Actividad resuelta

Una caldera de una máquina de vapor absorbe un calor de 2.000 J y produce el trabajo necesario para elevar un pistón de 50 kg a una altura de 2 m. Determine: a) el calor que se cedió al foco frío, b) el rendimiento de la máquina térmica.

a) Para una máquina térmica tenemos que $W = Q_1 – Q_2$, entonces el calor cedido al foco frío es $Q_2 = Q_1 - W$

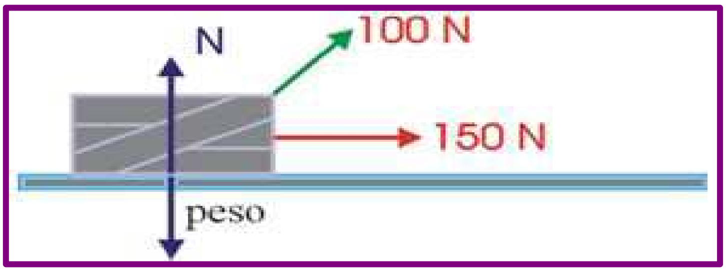
Y el trabajo para subir el pistón es: $W = F\cdot x$; la fuerza será el peso del pistón: $P = m \cdot g$; y el desplazamiento la altura: $x = 2$ m. Por lo tanto: $W = 50 \cdot 9,8 \cdot 2 = 980$ J

Entonces $Q_2 = 2.000 – 980 = 1.020$ J

b) El rendimiento será: $\eta(\%) = \frac{W}{Q_1}\cdot 100 = \frac{980}{2.000}\cdot 100 = 49\ \%$

Actividades propuestas

S1. Si sobre un cuerpo actúan varias fuerzas, cada una hace su propio trabajo. El trabajo total efectuado sobre el objeto es la suma de los trabajos individuales de cada una de las fuerzas. Sobre la caja de fruta de la figura, de 20 kg de masa, actúan las fuerzas que se muestran. La caja avanza sobre el suelo una distancia de 15 metros. La fuerza de 100 N está inclinada 60º. Calcule el trabajo realizado por cada una de las fuerzas que actúan y el trabajo total. Compruebe si el trabajo total es el mismo que el trabajo realizado por la fuerza total resultante.



S2. Conteste razonadamente a las preguntas siguientes:

a) Una fuerza de 10 unidades actúa durante 5 s sobre un cuerpo provocándole un desplazamiento de 20 m. ¿Realizaría el mismo trabajo si en vez de tardar 5 s tardase el doble?

b) Una grúa eleva 10 m una carga de ladrillos; después la desplaza horizontalmente 25 m con velocidad uniforme. ¿En qué momento realiza el mayor trabajo?

c) ¿Por qué una fuerza centrípeta nunca realiza trabajo?

d) Dos fuerzas, una de 20 N y otra de 40 N, provocan el mismo desplazamiento al actuar sobre un mismo cuerpo. ¿En qué circunstancias podría ser que la primera realizase el mismo trabajo que la segunda?

S3. Arrastramos por el suelo una distancia de 10 m un cajón de 80 kg empujando con una fuerza de 400 N. Si el coeficiente de roce entre el cajón y el suelo es de 0,2, determine el trabajo realizado por cada una de las fuerzas que actúan sobre el cajón y el trabajo total.

S4. Una máquina térmica trabaja con 30 kg de una mezcla de líquidos especiales diseñado para tener una capacidad calorífica de 2.180 J/kg · K. Si esta máquina trabaja entre un foco frío a T = 25 ºC y un foco caliente a 120 ºC, ¿qué cantidad de trabajo se puede extraer de ella?

S5. Si la máquina de la actividad anterior fuese una grúa, ¿cuánto peso podría elevar hasta una altura de 10 m?

2.1.3 Potencia

Cuando tenemos que aplicar un criterio de eficiencia para discernir si una máquina es mejor que otra, no nos va a ser suficiente con el concepto de trabajo, ya que dos máquinas pueden realizar el mismo trabajo pero una puede hacerlo más rápido que la otra. Por ejemplo, si tenemos que arrastrar una masa determinada una cierta distancia, una máquina lo puede hacer en 10 s y otra en una hora. Tenemos que decir que la primera es más eficiente, ya que hace el mismo trabajo pero más rápido. O sea que para tener un buen criterio de eficiencia tenemos que introducir el factor tiempo.

Potencia: es la cantidad de trabajo que se puede desarrollar en la unidad de tiempo.

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

La unidad de potencia en el sistema internacional, SI, es el vatio (W), en honor al científico escocés James Watt (1736-1819), inventor de la máquina de vapor. Se define como la potencia necesaria para realizar un trabajo de un Joule en un segundo.

$$1\,watt = \frac{1\,Joule}{1\,segundo};\ \ W = \frac{J}{s};\ es\,frecuente\,utilizar\,el\,kW = 1.000\,W$$

En los primeros años de la máquina de vapor, en los inicios de la Primera Revolución Industrial, era frecuente comparar el trabajo realizado por una máquina con el que podía hacer un caballo: es por eso que se hablaba de otra unidad de potencia que era el caballo de vapor, CV, en inglés HP *horsepower*. El equivalente con los vatios es:

$$1\,caballo\,de\,vapor\,(CV) = 735{,}5\,W$$

Otra unidad de energía. Como la potencia es el trabajo en la unidad de tiempo, si tenemos la potencia de una máquina y el tiempo que emplea estamos indicando el trabajo que hace o la energía que consume, por tanto usamos el kilovatio hora, kWh, con una equivalencia de:

$$1\ kWh = 1.000\ W \cdot 1\ h = 1.000\ W \cdot 3.600\ s = 3.600.000\ J = 3{,}6\ 10^{6}\ J = 3{,}6\ MJ$$

Es habitual que la potencia teórica de una máquina no coincida con la potencia real que es capaz de desarrollar, siempre habrá algún tipo de pérdida de energía debido a los roces de los componentes, a las vibraciones, al calentamiento. Podemos hablar entonces del rendimiento de una máquina en términos de potencia como:

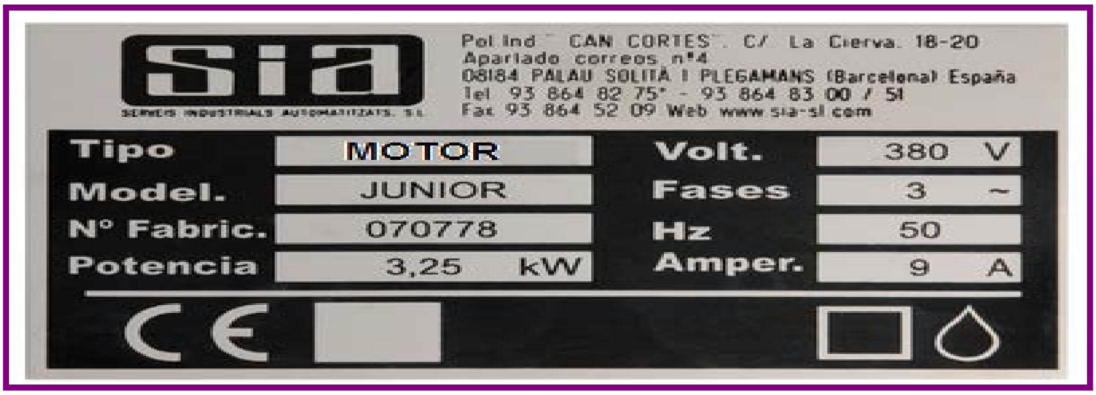
$$Rendimiento\ (\%) = \frac{Potencia\ real}{Potencia\ teórica} \cdot 100$$

En la práctica la potencia real siempre será menor que la teórica, por lo que el rendimiento será siempre inferior al 100 %.

Actividad resuelta

La placa del motor de una grúa puede verse en la figura y ponen una potencia de 3,25 kW. Si el motor tarda 7 s en elevar un objeto de 100 kg hasta una altura de 16 m:

a) ¿Cuál es la potencia real del motor?
b) ¿Coincide la potencia real con la potencia teórica?
c) ¿Cuál es el rendimiento de este motor?



Para obtener la potencia real, aplicaremos:

$P = \frac{W}{t}$ con W = F · x = m · g · h = 100 · 9,8 · 16 = 15.680 J; entonces: $P = \frac{15.680}{7} = 2.240\ W$

a) La potencia real del motor es: P = 2.240 W = 2,24 kW

b) No coincide con la teórica, es menor.

c) Rendimiento = $\frac{2{,}24}{3{,}25} \cdot 100 = 68{,}9\ \%$

Actividades propuestas

S6. El motor de una grúa tiene que elevar un bloque con un peso de 2.250 N hasta una altura de 20 m.

a) ¿Qué trabajo realiza?

b) Si tarda 10 s en realizar ese trabajo, ¿cuál es su potencia?

c) Si la potencia teórica es de 6,5 kW, ¿cuál es su rendimiento?

S7. Una máquina realiza un trabajo de 4.000 J con un rendimiento del 25 %. Calcule el trabajo útil que realmente se obtiene.

S8. El motor de una lavadora tiene una potencia teórica de 3 kW. Si su rendimiento es del 75 %:

a) ¿Cuál es su potencia real?

b) ¿Cuál será el trabajo que realiza si funciona durante 45 minutos?

c) ¿Cuál será su consumo de energía en kWh durante esos 45 minutos?

2.2 Energía mecánica

Tenemos, por lo tanto, que el trabajo es una forma de transferir energía. Con esta energía los objetos son capaces de producir cambios en otros objetos o bien en sí mismos, como modificar el estado de su movimiento, su forma o su posición. Cuando nos referimos a este tipo de cambios le llamamos entonces energía mecánica.

A continuación vamos a analizar dos tipos de energía mecánica: la cinética, relativa al movimiento que tiene un objeto; y la potencial gravitacional, que depende de la posición de los objetos en el espacio.

2.2.1 Energía cinética

La energía cinética es la capacidad que tiene un sistema para producir trabajo por el hecho de estar en movimiento.

Podemos encontrar una expresión matemática para la energía cinética recordando las fórmulas para el movimiento uniformemente acelerado que vimos en la unidad 5:

$$\left.\begin{array}{r} x = x_o + v_o t + \frac{1}{2}at^2 \\ v = v_o + a \cdot t \end{array}\right\} \; combinando\ estas\ dos\ ecuaciones: v^2 = v_o^2 + 2 \cdot a \cdot x$$

y de esta última expresión se deduce que: $x = \frac{v^2 - v_o^2}{2a}$ Si calculamos el trabajo:

W = F · x = m · a · x = $m \cdot a \cdot \frac{v^2 - v_o^2}{2a}$; eliminando “a” y reordenando términos se obtiene:

W = $\frac{1}{2} m\, v^2 - \frac{1}{2} m v_0^2$. A esta cantidad es a la que llamaremos energía cinética.

Entonces la expresión para la energía cinética es:

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

Depende de dos factores: la masa y la velocidad del cuerpo. Podemos ver también que las unidades que tiene son kg $(m/s)^2$, que son las mismas unidades que teníamos para el trabajo y que definimos como Joule, *J*.

Teorema de las fuerzas vivas o de la variación de la energía cinética.

De la expresión anterior se deduce un importante resultado:

$$W = \frac{1}{2}m\,v^2 - \frac{1}{2}mv_0^2$$

El trabajo realizado por la fuerza resultante que actúa sobre un sistema es igual a la variación de la energía cinética, es decir, la diferencia entre la energía que tiene el móvil al final y al inicio del movimiento. Si usamos el símbolo matemático Δ para expresar la diferencia, nos queda:

$$W = E_{cf} - E_{co} = \Delta E_c$$

Sabiendo la velocidad inicial y final de un movimiento, la masa del objeto y su desplazamiento, podremos obtener el valor de la fuerza que realiza el trabajo.

Actividad resuelta

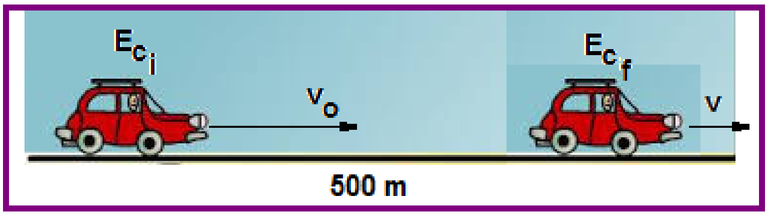
Determinar la energía cinética que tiene un vehículo de 500 kg de masa circulando a una velocidad de 90 km/h.

Tenemos que tener mucho cuidado con las unidades. Si queremos la energía en Joules, tendremos que poner todas en unidades del SI; por tanto la velocidad será v = 90 km/h = 25 m/s

$$E_c = \frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2}\cdot 500 \cdot 25^2 = 156.250\,J$$

Actividad resuelta

Un vehículo de 1.500 kg de masa circula a 36 km/h y acelera para ponerse a una velocidad de 108 km/h, recorriendo una distancia de 500 m. Determine el valor de la fuerza resultante que actuó sobre el vehículo para lograr esa variación en la velocidad.



Lo primero es cambiar las unidades de la velocidad: v = 108 km/h = 30 m/s; v = 36 km/h = 10 m/s.
Así que podemos calcular el trabajo realizado por la fuerza por medio de:

$$W = \frac{1}{2}mv^2 - \frac{1}{2}mv_0^2 = \frac{1}{2} \cdot 1.500 \cdot 30^2 - \frac{1}{2} \cdot 1.500 \cdot 10^2 = 600.000\,J$$

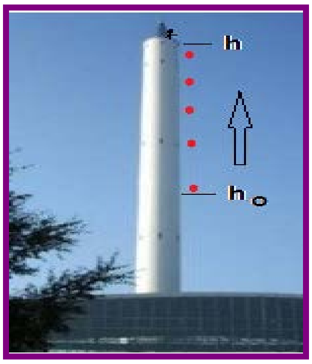
Como W = F · x, tendremos: 600.000 J = F · 500 m; de donde: F = 1.200 N.

2.2.2 Energía potencial gravitacional

La energía potencial gravitacional es la energía que adquiere un cuerpo cuando el trabajo que aplicamos sobre él le produce una variación en la altura en la que se encontraba.

El ejemplo de la energía potencial es el más acomodado para entender la diferencia entre trabajo y energía. Si queremos subir un objeto a cierta altura, tenemos que hacer un trabajo igual a W = F · x. En este caso W = m · g · h, ya que la fuerza es el peso del cuerpo, y el desplazamiento es la altura. A medida que vamos subiendo el objeto, este va ganando altura y energía, es decir, el trabajo que estamos realizando va transfiriéndose en forma de energía al objeto. Cuando el objeto se encuentra ya arriba de todo y lo dejamos parado, tiene acumulada toda la energía que se le transfirió a cuenta del trabajo realizado. La energía se acumula y la podemos usar luego para otra función; el trabajo no, una vez que el objeto llegó arriba el trabajo paró.

Podemos hacer igual que antes y encontrar el trabajo que tenemos que realizar sobre un objeto de masa *m*, para subirlo desde una altura inicial h_0 hasta la altura final *h* y obtener una expresión para la energía potencial:



El trabajo es la fuerza por el desplazamiento. En este caso la fuerza es el peso (P = m · g) del objeto y el desplazamiento es la diferencia de alturas:

$$W = F \cdot x = m \cdot g \cdot (h - h_0) = m \cdot g \cdot h - m \cdot g \cdot h_0$$

Tomaremos como expresión para la energía potencial gravitacional:

$$E_p = m \cdot g \cdot h$$

Como podemos ver, depende de la masa y de la altura a la que se encuentra el objeto. Si analizamos las unidades, tenemos *kg · m/s²* *· m*, de nuevo *kg ·(m/s)²* que es lo que definimos como Joules.

Variación de la energía potencial:

Entonces, el trabajo realizado por una fuerza para subir un objeto desde una altura a otra viene dado por:

$$W = m \cdot g \cdot h - m \cdot g \cdot h_o = Ep_f - Ep_o = \Delta Ep$$

Actividad resuelta

¿Cuál es la energía potencial que posee una roca de 200 kg de masa ubicada en lo alto de un acantilado de 60 m de altura sobre el nivel del mar?

El problema se resuelve aplicando la fórmula de energía potencial directamente:

$$E_p = m \cdot g \cdot h = 200 \cdot 9{,}8 \cdot 60 = 117.600\ J$$

Actividad resuelta

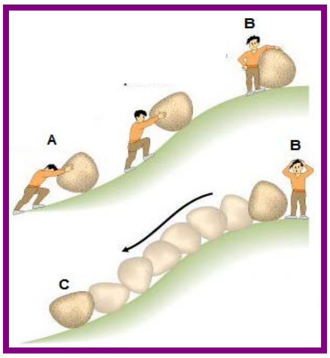
Una grúa de un muelle tiene que elevar contenedores de 300 t (toneladas) desde una plataforma situada a 5 m del suelo hasta el barco a una altura de 30 m. Determinar el trabajo que tiene que realizar el motor de la grúa.

Las únicas unidades que tenemos que cambiar son las de la masa m = 300 t = 300.000 kg. Entonces:

$W = m \cdot g \cdot h - m \cdot g \cdot h_o = Ep_f - Ep_o = \Delta Ep$; $W = 300.000 \cdot 9{,}8 \cdot (30 - 5) = 73.500.000\ J = 73{,}5\ MJ$

2.2.3 Conservación de la energía mecánica

Llamamos fuerza conservativa a la que es capaz de devolver todo el trabajo realizado en un sentido cuando se actúa en el sentido contrario.



En la posición A estamos haciendo un trabajo y la piedra va adquiriendo energía hasta llegar la situación B. Si en esta posición liberamos la energía, al llegar a la posición C, toda ella es igual a la que tuvimos que proporcionar para subir la piedra a la posición A, entonces decimos que la fuerza que hizo el trabajo, o contra la que hicimos el trabajo, es una fuerza conservativa.

Por el contrario, si la fuerza no es conservativa, la energía de A hasta B no será la misma que de B a C y por lo tanto habrá cierta cantidad de energía que se perdió en otro tipo de transformación, como puede ser en calor por roce.

En el caso de la fuerza gravitacional, podemos decir que se trata de una fuerza conservativa. Entonces, el trabajo W para ir de A a B tiene que ser igual que la variación de la energía para ir de B a C pero con el signo contrario; por tanto:

$$W = -\Delta E_p$$

Conservación de la energía mecánica

Llamaremos energía mecánica a la suma de la energía cinética más la energía potencial de un objeto:

$$E_m = \frac{1}{2}mv^2 + m \cdot g \cdot h$$

Ahora podemos retomar dos resultados que ya vimos cuando se realiza un trabajo sobre un cuerpo:

Por una parte, el teorema de la energía cinética establece que $W = \Delta E_c$

Por otra, si una fuerza es conservativa: $W = -\Delta E_p$

Así que, si tenemos un objeto moviéndose bajo la acción de una fuerza gravitacional, estos dos trabajos tienen que ser iguales; luego $\Delta E_c = -\Delta E_p$

Por lo tanto, si lanzamos un objeto con cierta velocidad inicial v_0 hacia arriba desde una altura inicial h_0, y llega a una altura final h_f con una velocidad final v_f, se cumplirá que:

$$\frac{1}{2}mv_f^2 - \frac{1}{2}mv_o^2 = -(m \cdot g \cdot h_f - m \cdot g \cdot h_o)$$

Reordenando los términos:

$$\frac{1}{2}mv_o^2 + m \cdot g \cdot h_o = \frac{1}{2}mv_f^2 + m \cdot g \cdot h_f$$

Lo que es lo mismo que:

$$E_{mo} = E_{mf}$$

Es decir, la energía mecánica inicial es igual a la energía mecánica final; entonces, la energía mecánica se conserva, vale siempre lo mismo.

Degradación de la energía mecánica

Si pensamos en un niño que se balancea en un columpio, toda la energía potencial que tiene en el punto más alto se transforma en energía cinética en el punto más bajo para volver a transformarla en energía potencial al volver a subir. No obstante, si el niño no se impulsa, llega un momento en que para; por tanto, la energía no se conserva, poco a poco se va perdiendo en el roce de las cuerdas con el soporte, que genera calor y se disipa en el aire.

En estos casos en que tenemos pérdidas de energía por roce, a la expresión de conservación de la energía tendremos que añadirle esta energía perdida si es conocida, quedando:

$$E_{mo} = E_{mf} + E_{roz}$$

Esta parte de energía perdida por rozamiento es lo que se conoce como energía degradada.

Actividad resuelta

Análisis energético de un lanzamiento vertical.

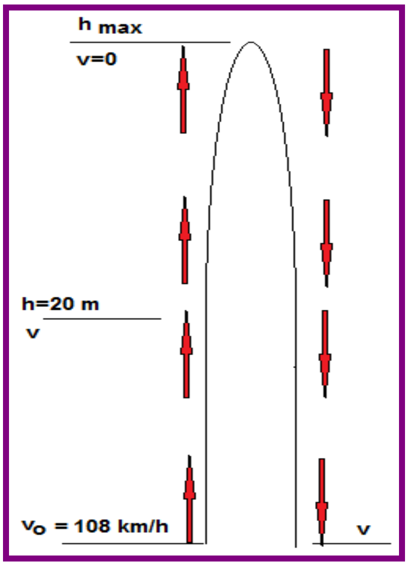
Con un arco disparamos una flecha de 200 g de masa, que sale con una velocidad de 108 km/h. Determinar:

a) La energía inicial del lanzamiento.

b) La altura a la que llegará la flecha.

c) La velocidad que llevará la flecha cuando se encuentre a una altura de 20 m.

d) La velocidad cuando llegue de nuevo al suelo después de estar en el punto más alto.



La situación es como se muestra en la figura: la flecha sale del suelo con la máxima velocidad y, a medida que va subiendo, la velocidad va disminuyendo y la altura aumentando. Al llegar arriba del todo, la velocidad es cero, se detiene y vuelve a caer hacia el suelo y, a medida que va cayendo, va ganando velocidad.
La única fuerza que actúa es la fuerza gravitacional, que como ya dijimos es una fuerza conservativa; por tanto, la energía mecánica se conserva, vale lo mismo a lo largo de todo el recorrido de la flecha.
Tenemos que tener cuidado con las unidades: como vamos a utilizar el Joule para la energía, tenemos que usar unidades del SI; entonces la velocidad será: v = 108 km/h = 30 m/s.
Y la masa m = 200 g = 0.2 kg.
Vamos a calcular la energía mecánica en cada uno de los puntos del problema, así que utilizaremos:

$$E_m = \frac{1}{2}mv^2 + m \cdot g \cdot h$$

a) Energía inicial del lanzamiento.

Al principio de todo, en el suelo la altura $h_o = 0$, la flecha no tiene energía potencial.

$$E_m = \frac{1}{2}mv^2 + m \cdot g \cdot h = \frac{1}{2} \cdot 0{,}2 \cdot 30^2 + 0{,}2 \cdot 9{,}8 \cdot 0 = 90\,J$$

La energía inicial es sólo cinética y vale 90 J, la energía mecánica a lo largo de todo el recorrido tiene que valer siempre E_m = 90 J.

b) La altura a la que llegará la flecha.

Cuando llega arriba del todo, la velocidad es cero; es decir, toda la energía cinética que tenía abajo se transforma en energía potencial. Si aplicamos la conservación de la energía:

$$\frac{1}{2}mv_o^2 + m \cdot g \cdot h_o = \frac{1}{2}mv_f^2 + m \cdot g \cdot h_f \rightarrow 90\,J = \frac{1}{2}0{,}2 \cdot 0^2 + 0{,}2 \cdot 9{,}8 \cdot h_f$$

Despejando la altura: h_f = 45,9 m.

Arriba del todo toda la energía es potencial y no tenemos energía cinética, pero la energía potencial tiene que valer 90 J.

c) La velocidad que llevará la flecha cuando se encuentre a una altura de 20 m.

A esta altura la flecha tiene velocidad y por lo tanto energía cinética, y tiene altura y por lo tanto energía potencial. Ambas tienen que repartirse de manera que su suma valga 90 J.

$$90\,J = \frac{1}{2}0{,}2 \cdot v^2 + 0{,}2 \cdot 9{,}8 \cdot 20$$

Despejando la velocidad, tenemos: v = 22,53 m/s = 81,13 km/h.

Entonces en este punto la energía cinética equivale a: $E_c = \frac{1}{2}0{,}2 \cdot 22{,}53^2 = 50{,}8\,J$ y la energía potencial Ep = 0,2 · 9,8 · 20 = 39,2 J; de manera que: $E_c + E_p$ = 90 J.

d) La velocidad cuando llegue de nuevo al suelo después de estar en el punto más alto.

Podríamos decir que la velocidad de llegada tiene que ser la misma que la de salida, ya que al final del recorrido la energía tiene que valer 90 J, y abajo del todo de nuevo h = 0. Como toda la energía tiene que ser cinética, la velocidad tiene que ser la misma. Para comprobarlo, podemos aplicar la conservación de la energía mecánica entre el punto más alto y el suelo:

$$\frac{1}{2}0{,}2\cdot 0^2+0{,}2\cdot 9{,}8\cdot 45{,}9=\frac{1}{2}0{,}2\cdot v_o^2+0{,}2\cdot 9{,}8\cdot 0$$

Despejando la velocidad: v = 30 m/s = 108 km/h,

En este problema es muy importante destacar cómo la energía cinética inicial va transformándose en energía potencial y la suma de ambas manteniéndose siempre en 90 J. Cuando la flecha baja, la energía potencial es la que va transformándose en energía cinética, manteniendo siempre fijo el valor de la energía mecánica total.

Actividades propuestas

S9. Calcule la energía cinética de un camión de 50 t (toneladas) de masa cuando circula con una velocidad de 54 km/h.

S10. Compare el resultado del problema anterior con la energía que tendría el mismo camión si va al doble de velocidad. ¿Es el doble de energía? ¿Por qué?

S11. Un cochecito de un niño de 20 kg de masa se desplaza a 2 m/s sobre una superficie horizontal y recorre 10 m hasta parar. Determine:

a) La energía cinética inicial del cochecito.

b) El trabajo que realizó la fuerza de roce.

c) El valor de la fuerza de roce.

S12. Un ciclista y su bicicleta tienen, en conjunto, una masa de 120 kg. Pasan por el punto A con una velocidad de 18 km/h y por el punto B, situado a 500 m de distancia, con una velocidad de 36 km/h. Si el ciclista se moviese por una carretera horizontal, determine:

a) Las energías cinéticas inicial y final.

b) El trabajo efectuado por la fuerza total resultante.

c) El valor de la fuerza total resultante.

S13. Arrastramos una carreta de 50 kg de masa, inicialmente en reposo, a lo largo de 25 m y alcanzamos una velocidad de 18 km/h. Si el roce con el suelo fue de 10 N, ¿qué fuerza realizamos?

S14. Una nadadora de 60 kg de masa tiene que saltar desde un trampolín de 5 m de altura y luego desde uno de 10 m de altura. Compare la energía potencial que tiene en cada uno de los trampolines.

S15. Determine el trabajo que tenemos que realizar para subir una maleta de 15 kg del piso primero a 5 m de altura hasta el quinto a 25 m.

S16. Una piedra de 2 kg se deja caer verticalmente. Cuando se encuentra a una altura de 5 m posee una velocidad de 5 m/s. Calcule su energía mecánica.

S17. Una pelota de 600 g cae desde una altura de 20 m. Determine:

a) De qué tipo y cuánto vale su energía mecánica inicial.

b) De qué tipo y cuánto vale su energía mecánica en el momento justo antes de chocar contra el suelo.

c) La velocidad en el instante antes de chocar contra el suelo.

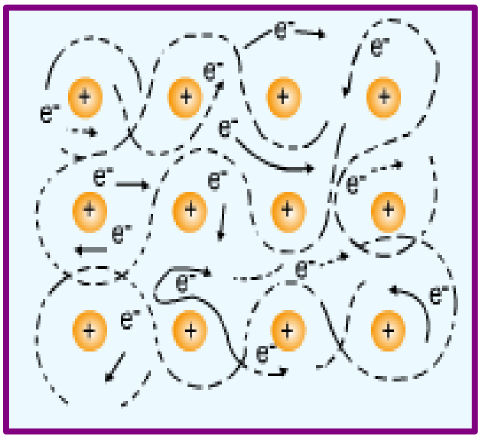
d) De qué tipo y cuánto vale su energía mecánica a 10 m del suelo.

e) La velocidad que tiene a los 10 m del suelo.

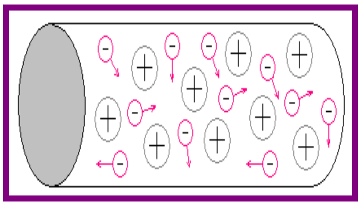
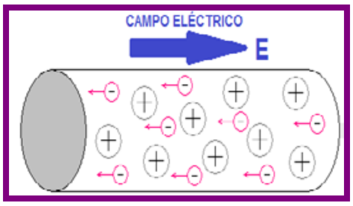
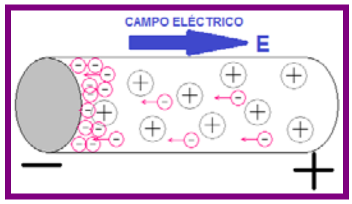
S18. Para la piedra de la actividad S16, determine desde qué altura cayó y a qué velocidad llegará al suelo.

2.3 Electricidad y circuitos eléctricos

Para entender el mecanismo de la corriente eléctrica en los metales, tenemos que recordar la naturaleza del enlace metálico. Anteriormente vimos que los átomos ocupan posiciones fijas y forman una red cristalina. Estos átomos se caracterizan por que los electrones de sus últimas capas se desprenden fácilmente y pasan de unos átomos a otros. Es este movimiento caótico lo que origina la fuerza que hace que los átomos permanezcan unidos entre sí.

Enlace metálico	
	En esta red metálica, los átomos se encuentran en forma de iones positivos, ya que cedieron uno o varios de sus electrones. Estos electrones se mueven casi libremente entre todos los iones positivos y constituyen un verdadero enjambre o nube electrónica. En esta nube los electrones se mueven a gran velocidad y en todas las direcciones, pero no sufren ningún desplazamiento en conjunto.

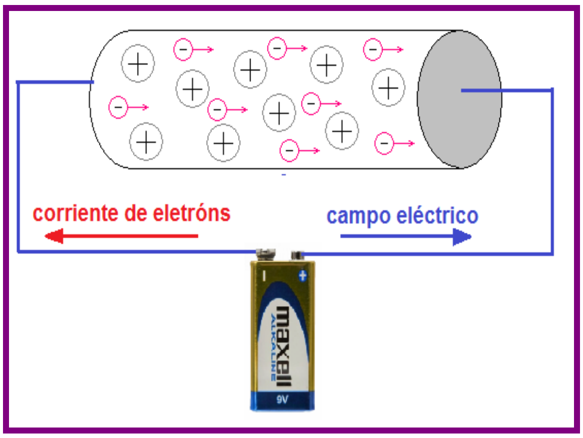
En física se define como campo eléctrico, $\vec{E}$, toda región del espacio que rodea un objeto cargado y que puede influir sobre otras cargas, bien atrayéndolas o bien repeliéndolas, según el signo que tengan. Pues bien, si sometemos nuestro trozo de metal a un campo eléctrico, $\vec{E}$, que puede estar generado por algún objeto cargado, como puede ser una barrita de ebonita al frotarla, el campo eléctrico genera una fuerza F= $q \cdot \vec{E}$ sobre cada uno de los electrones, que provocará su movimiento en el sentido contrario al del campo, ya que los electrones tienen carga negativa, es decir, se produce una corriente eléctrica. El resultado de esta perturbación será que la mayor parte de los electrones se acumularán en un extremo del conductor (zona negativa), quedando el otro extremo libre de carga negativa (zona positiva).

		
La nube electrónica se mueve de forma caótica.	Al aplicar un campo eléctrico, los electrones se mueven en una dirección.	Los electrones se acumulan en la zona negativa.

Si queremos que el movimiento de la nube electrónica continúe, tenemos que suministrarle electrones por el extremo positivo y dejar escapar los electrones del extremo negativo. Sólo así es posible la continuidad del movimiento de cargas en el metal, es decir, la continuidad de la corriente.

Para mantener la corriente se requiere:

1. Mantener el campo eléctrico en el interior del conductor, gracias al cual se mueven las cargas.



2. Suministrar electrones por un extremo del conductor, a fin de reponer los que salen por el otro.

Un generador es un aparato destinado a crear un campo eléctrico en un conductor y suministrar el paso de las cargas. La corriente que generan puede ser siempre en un mismo sentido, hablamos de corriente continua (pilas, baterías y dinamos), o también alternando el sentido periódicamente de un lado para el otro de la corriente (generadores), y hablamos de corriente alterna.

Vemos que por donde se incorporan los electrones al circuito es por el polo negativo de la pila, y que el campo eléctrico va del polo positivo hacia polo el negativo de la pila a través del circuito. Con todo, de manera convencional se toma el sentido de la corriente eléctrica igual al del campo eléctrico; así diremos que la corriente eléctrica va del polo positivo de la pila al polo negativo a través del circuito.

Es necesario fijarse en que en un conductor la corriente siempre va a ser debida al movimiento de electrones, es decir, al movimiento de cargas negativas. Nunca podremos hablar de una corriente positiva, ya que las cargas positivas son los átomos en forma de iones que perdieron electrones y que siempre están fijos en sus posiciones en la red metálica. Sólo es posible encontrar corrientes positivas cuando estos iones están en disolución, es decir, cuando están en un líquido y pueden moverse al aplicarles un campo eléctrico.

Al igual que cuando definimos la energía potencial gravitacional dijimos que el trabajo necesario para subir un objeto entre dos alturas era la diferencia de energía potencial, ahora hablaremos de que el trabajo necesario para transportar una carga eléctrica a través del circuito es igual a la diferencia de potencial eléctrico entre esos dos puntos.

Tensión eléctrica

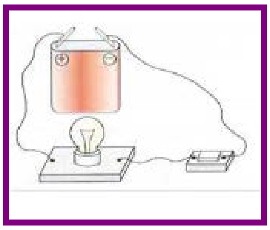
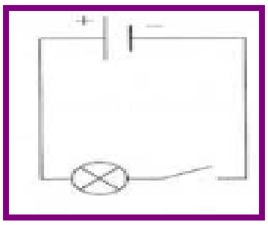
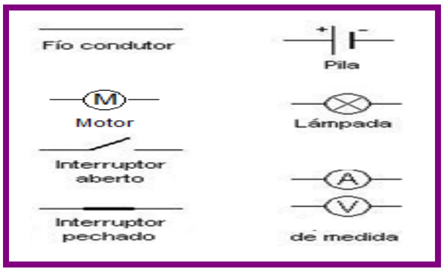
Es la medida de la diferencia de potencial eléctrico, d.d. p., entre dos puntos de un circuito. Su medida se realiza con un aparato llamado voltímetro y se conecta entre los dos puntos cuya tensión se quiere medir.

Unidades: la unidad de tensión eléctrica o de d.d. p. es el voltio, V. Es muy habitual utilizar múltiplos o submúltiplos:

1 kV = 1.000 V; 1 MV = 1.000.000 V 1 mV = 0,001 V

Circuito eléctrico

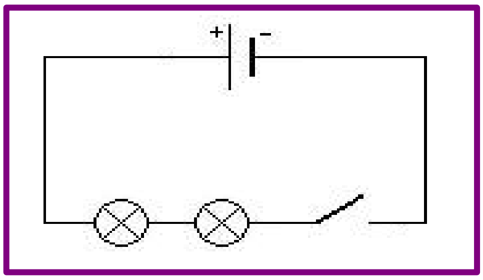
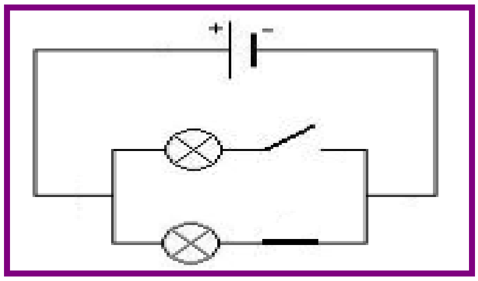
En la práctica, el interés de la corriente eléctrica radica en el aprovechamiento de sus efectos; para eso necesitamos por lo menos un generador, unos conductores y un receptor.

 	
Circuito elemental: conductores, generador, receptor e interruptor	Símbolos empleados en la representación de circuitos eléctricos

En un circuito tenemos dos formas de conectar sus elementos:

En serie: el polo positivo de un elemento se conecta con el polo negativo del elemento siguiente.

En paralelo: el polo positivo de un elemento se conecta con el polo positivo del otro elemento.

 En serie	 En paralelo
Cuando se abre el circuito, ambas lámparas se apagan	Cada lámpara es independiente, al abrir un interruptor la otra puede seguir encendida

2.3.1 Intensidad, ley de Ohm y resistencia

Intensidad: se llama intensidad de la corriente eléctrica a la cantidad de carga que atraviesa la sección de un conductor por unidad de tiempo.

Así, la intensidad de corriente la podemos expresar como:

$$I = \frac{q}{t}$$

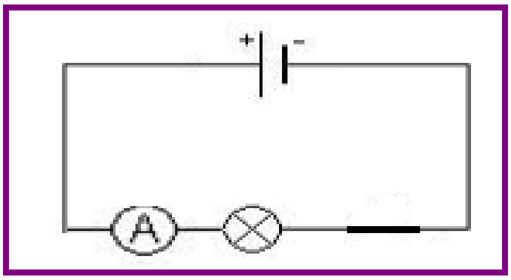
Donde *q* es la carga normalmente expresada en Coulomb, C, y *t* el tiempo expresado en segundos.

La unidad de la intensidad de corriente en el SI es el Ampere, A, que además es la unidad fundamental en el SI para expresar la cantidad de electricidad. El motivo de que se eligiese es que, cuando por un conductor circula una corriente, se genera un campo magnético; por tanto, si acercamos dos conductores con corrientes que van en sentido contrario, estos se atraen. Podemos entonces definir el Ampere como la cantidad de corriente que tiene que circular por dos conductores, separados un metro de distancia, para que se atraigan con una fuerza de un Newton.

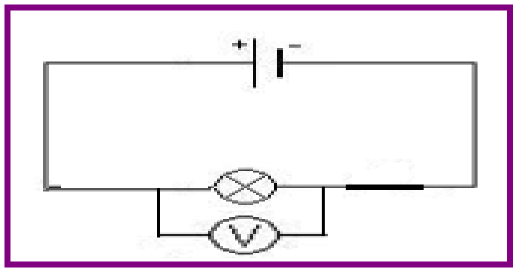
Como el Ampere es una unidad bastante grande, es habitual utilizar submúltiplos:

1 mA = 0,001 A; 1 microA = 1 µA = 10^{-6} A

El aparato que utilizamos para la medida de la intensidad de corriente es el amperímetro, y tenemos que conectarlo en un circuito siempre en serie, a diferencia del voltímetro, que va en paralelo.



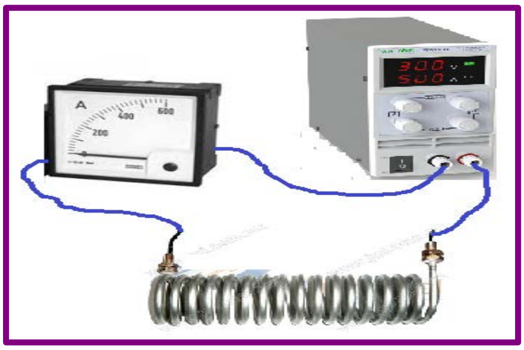
Conexión de un amperímetro



Conexión de un voltímetro

ley de Ohm.

El científico alemán Georg Simon Ohm (1789-1854) realizó un sencillo experimento conectando un conductor enrollado en espiral a una fuente de alimentación que permite ajustar a varios voltajes y midió la cantidad de corriente que circulaba con un amperímetro.



Al ajustar la fuente a diversos voltajes, los resultados que se obtienen son:

Voltaje (V)	Intensidad (A)
1,5	0,3
2	0,4
4	0,8
5	1

Si hacemos el cociente de cada voltaje por la correspondiente intensidad de corriente:

$$\frac{1{,}5\ V}{0{,}3\ A} = \frac{2\ V}{0{,}4\ A} = \frac{4\ V}{0{,}8\ A} = \frac{5\ V}{1\ A} = 5$$

Observamos que en todos es lo mismo, 5 en este caso, así que podemos afirmar que el cociente entre la diferencia de potencial y la intensidad de corriente es constante. A esta constante se la llamó R.

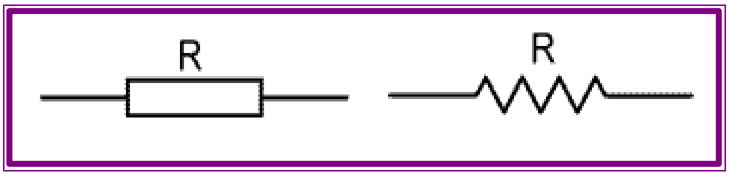
Podemos enunciar la **ley de Ohm** de la manera siguiente: *la intensidad de la corriente que circula por un conductor es directamente proporcional a la diferencia de potencial aplicada entre sus extremos.*

$$\boxed{V = I \cdot R}$$

Resistencia

A la constante de proporcionalidad, R, de la ley de Ohm la llamaremos resistencia y representa *la oposición que un conductor ofrece al paso de la corriente eléctrica*. En honor del científico Georg Simon Ohm, las unidades empleadas para medirla se llaman Ohmios y se denotan con la letra griega Ω.

Los símbolos empleados para indicar una resistencia eléctrica en un circuito son:



El modelo de conducción de la corriente eléctrica aplicado anteriormente sirve para entender a qué nos referimos cuando hablamos de resistencia eléctrica. Al aumentar el voltaje estamos aumentando el campo eléctrico responsable de la fuerza que actúa sobre los electrones: a mayor voltaje mayor desplazamiento de la nube electrónica y por tanto mayor corriente eléctrica. Con todo, si cambiamos el material del conductor al aplicar las mismas d.d. p. nos encontraremos con valores de intensidades de corriente completamente diferentes. Los átomos que forman las redes cristalinas de diferentes materiales pueden estar más juntos, ser más grandes, tener los electrones más unidos, es decir, la resistencia al movimiento de los electrones va a depender de la propia naturaleza del conductor que utilicemos.

Tendremos, por lo tanto, que medir en el laboratorio esa característica de cada material, a la cual llamaremos resistividad y que denotaremos con la letra griega ρ, que además depende de la temperatura: en los metales aumenta al aumentar esta; por ejemplo, en el cobre, por cada 250 ºC que se eleve la temperatura, se duplica la resistividad.

Plata	$1{,}47 \cdot 10^{-8}$	Manganita	$44 \cdot 10^{-8}$
Cobre	$1{,}72 \cdot 10^{-8}$	Mercurio	$94 \cdot 10^{-8}$
Aluminio	$2{,}63 \cdot 10^{-8}$	Madera	10^{8} - 10^{11}
Tungsteno	$5{,}51 \cdot 10^{-8}$	Vidrio	10^{10} - 10^{14}
Hierro	$10 \cdot 10^{-8}$	Ebonita	10^{13} - 10^{16}
Resistividad de algunos materiales (Ω · m) a 20 ºC			

Esta característica de los materiales nos posibilitan clasificarlos en dos tipos según permitan o no el paso de la corriente a través de ellos: son los **aislantes** y los **conductores**. Los primeros presentan una resistividad extremadamente alta, alrededor de los 10^{8} Ω · m, y los conductores, por el contrario, tienen valores muy bajos, de 10^{-8} Ω · m.

Otros factores de los que depende la resistencia de un material serán evidentemente su longitud, *l*, y su grosor, es decir su sección, S, por lo que podremos escribir que la resistencia de un conductor viene dada por la expresión:

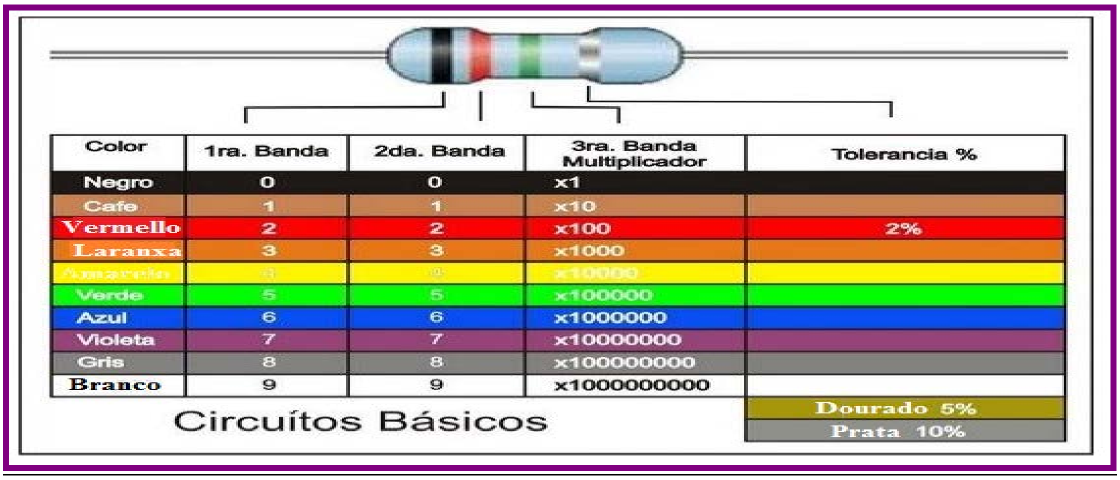
$$R = \rho \cdot \frac{l}{S}$$

Por ejemplo, si tenemos que tirar una línea de 100 m de cable de cobre con una sección de 4 mm de diámetro, presentará una resistencia de:

$$S = \pi \cdot r^2 = \pi \cdot (2 \cdot 10^{-3})^2 = 1{,}25\ 10^{-5} m^2 \quad ;$$
$$R = \rho \cdot \frac{l}{S} = 94 \cdot 10^{-8} \cdot \frac{100}{1{,}25 \cdot 10^{-5}} = 7{,}52\ \Omega$$

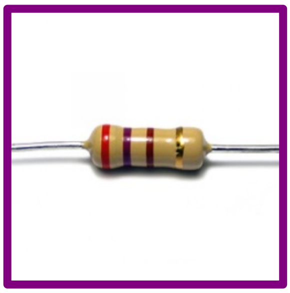
Las resistencias utilizadas en los circuitos eléctricos del mercado están provistas en el exterior de unas bandas de colores que indican el valor de su resistencia eléctrica. El significado de estas bandas de colores es el siguiente:

- La primera y la segunda indican las dos primeras cifras del valor de la resistencia.
- La tercera banda indica el número de ceros que hace falta añadir a las cifras anteriores.
- La última nos informa de la tolerancia de fabricación o precisión de la resistencia, en forma de porcentaje.



Color	1ra. Banda	2da. Banda	3ra. Banda Multiplicador	Tolerancia %
Negro	0	0	x1	
Cafe	1	1	x10	
Vermello	2	2	x100	2%
Laranxa	3	3	x1000	
Amarelo	4	4	x10000	
Verde	5	5	x100000	
Azul	6	6	x1000000	
Violeta	7	7	x10000000	
Gris	8	8	x100000000	
Branco	9	9	x1000000000	
				Dourado 5%
				Prata 10%

Por ejemplo en la resistencia de la figura:



1ª banda roja = 2

2ª banda violeta = 7

3ª banda café/marrón = x 10

Valor de la resistencia = 270 Ω

4ª banda dorada = 5 %, la resistencia puede variar en 13,5 Ω

R = 270 ± 13,5 Ω

Actividad resuelta

Cálculo de la resistencia de un receptor eléctrico por el que circula una corriente de 0,1 amperios de intensidad, conectado en la red doméstica, con una diferencia de potencial de 220 V.

Aplicación directa de la ley de Ohm:

$$V = I \cdot R; \quad R = \frac{V}{I} = \frac{220}{0.1} = 2\,200\ \Omega$$

Cálculo de la intensidad de la corriente que circula por un conductor eléctrico de 45 Ω de resistencia bajo una tensión de 9 V.

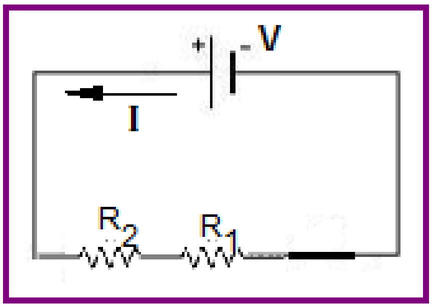
Aplicación directa de la ley de Ohm:

$$V = I \cdot R; \quad I = \frac{V}{R} = \frac{9}{45} = 0{,}2\ A$$

2.3.2 Circuitos eléctricos. Asociación de resistencias. Potencia y ley de Joule

Es normal que en un circuito eléctrico se conecten varios componentes. Usando la ley de Ohm podremos saber la intensidad, la tensión que se le aplica o su resistencia, dependiendo de los datos de que dispongamos.

Ya vimos antes que en un circuito eléctrico los componentes se pueden conectar en serie o en paralelo. Cualquier circuito siempre se podrá sustituir por otro más sencillo que conste de un generador y una resistencia equivalente, entendiéndose por esta última una resistencia que colocada en el lugar del conjunto no cambia para nada las característica del circuito. La forma de encontrar esta resistencia equivalente dependerá de la forma de conectar las resistencias.



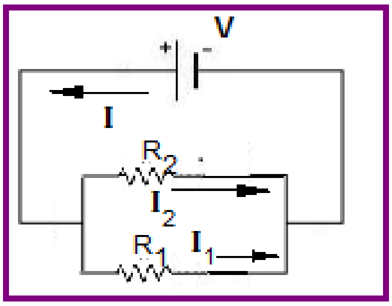
Asociación de resistencias en serie

Cuando las resistencias están conectadas en serie, la intensidad que circula por ellas es la misma. Si calculamos la tensión para cada una de las resistencias, tendremos $V1 = I \cdot R_1$ e $V_2 = I \cdot R_2$. La tensión total tiene que ser la suma de las tensiones, así que:

$V = V_1 + V_2 = I \cdot R_1 + I \cdot R_2 = I \cdot (R_1 + R_2) = V \cdot R_{eq}$

$R_{eq} = R_1 + R_2$

Cuando varias resistencias están en serie, la resistencia equivalente es la suma de las resistencias.

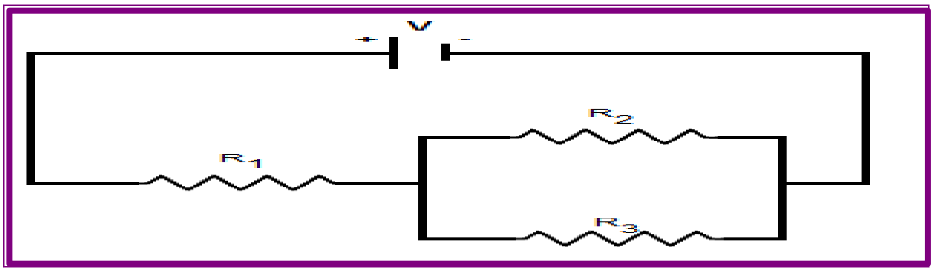
<table>
<tr>
<td>
Asociación de resistencias en paralelo</td>
<td>Cuando las resistencias se conectan en paralelo, la intensidad en cada una es diferente pero la tensión es la misma: $I = I_1 + I_2$ con:
$I_1 = \frac{V}{R_1}$; $I_2 = \frac{V}{R_2}$; así que $I = \frac{V}{R_1} + \frac{V}{R_2} = V \cdot (\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2})$
Entonces: $\frac{1}{R_{eq}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$

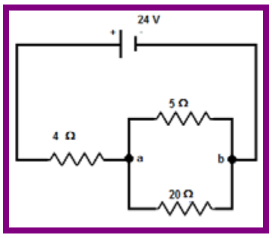
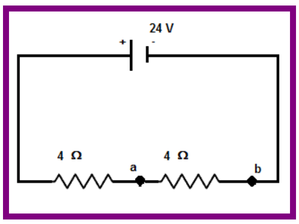
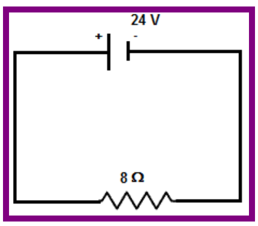
Cuando varias resistencias están en paralelo, la inversa de la resistencia equivalente es la suma de las inversas de las resistencias.</td>
</tr>
</table>

Cuando se trata de un circuito mixto (algunas resistencias conectadas en serie y otras en paralelo), tendremos que ir resolviendo según la estructura del circuito, encontrando la resistencia equivalente de las que están en serie y de las que están en paralelo para al final obtener una resistencia equivalente de todo el circuito.

Actividad resuelta

Para el circuito siguiente: $V = 24$ V, $R_1 = 4\ \Omega$, $R_2 = 5\Omega$ e $R_3 = 20\ \Omega$, determinar la intensidad que circula por la resistencia de 5 Ω.



<table>
<tr>
<td></td>
<td>Primero resolvemos las dos resistencias que están en paralelo:
$$\frac{1}{R} = \frac{1}{5} + \frac{1}{20} = \frac{5}{20};\ así\ que: R = \frac{20}{5} = 4\ \Omega$$</td>
</tr>
<tr>
<td></td>
<td>Nos queda ahora un circuito con dos resistencias en serie:
$R_{eq} = 4\ \Omega + 4\ \Omega = 8\ \Omega$</td>
</tr>
<tr>
<td></td>
<td>Ya tenemos el circuito equivalente más sencillo, así que podemos calcular su intensidad:
$$I = \frac{V}{R} = \frac{24}{8} = 3\ A$$
Entre los puntos a y b del segundo circuito circulan 3 A, por tanto el voltaje entre esos puntos es:
$$V = I \cdot R = 3 \cdot 4 = 12\ V$$
Ya que las resistencias de 5 y 20 Ω del primer circuito están conectadas a 12 V, podemos entonces obtener la intensidad para la resistencia de 5 Ω:
$$I = \frac{V}{R} = \frac{12}{5} = 2{,}4\ A$$</td>
</tr>
</table>

Actividades propuestas

S19. A una tensión de 24 V se conectan en paralelo dos resistencias de 6 y 12 Ω. Calcular:

a) La resistencia equivalente del circuito.

b) La intensidad total del circuito.

c) La intensidad en cada una de las resistencias.

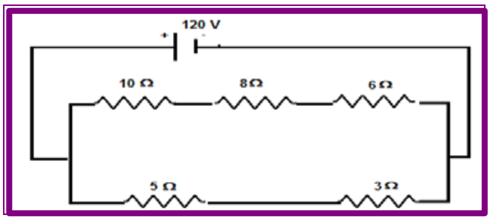
S20. Tres resistencias de 10, 15 y 30 Ω se conectan en paralelo a una tensión de 60 V. Calcular:

a) La resistencia equivalente del circuito.

b) La intensidad total del circuito.

c) La intensidad en cada una de las resistencias.

S21. En la asociación de resistencias de la figura, calcular la tensión en la resistencia de 8 Ω.



Potencia

El trabajo para desplazar una carga, q, desde un punto que está a un potencial V_a hasta otro punto que está a potencial V_b, es:

$$W = q \cdot (V_b - V_a)$$

Si recordamos que la potencia era el trabajo realizado en la unidad de tiempo, tenemos:

$$P = \frac{q \cdot (V_b - V_a)}{t} = I \cdot (V_b - V_a)$$

Así que podremos expresar la potencia consumida por una resistencia sometida a una tensión V como:

$$P = V \cdot I$$

Sustituyendo la tensión, V, por la ley de Ohm, V = I · R, podemos expresar potencia también como: P = I^2 · R; y si lo que sustituimos es la intensidad: $P = \frac{V^2}{R}$

Cuando la tensión se expresa en voltios V y la intensidad de corriente en Amperios A, la potencia viene expresada en vatios, simbolizada con una W.

Como ya vimos, la potencia por unidad de tiempo es una medida de la energía consumida; podemos, entonces, expresarla como:

$$W = P \cdot t = V \cdot I \cdot t$$

Como las cantidades de energía son magnitudes bastante grandes, es habitual utilizar el kW para la potencia y la hora, en lugar del segundo, para el tiempo, así que una unidad para la cantidad de energía consumida es el kWh (kilovatio hora):

$$1kWh = 1.000\ W \cdot 3.600\ s = 3.600.000\ J$$

Los contadores de electricidad de nuestras casas miden los kWh consumidos, y el consumo de energía viene tarifado en la factura eléctrica en estas unidades.

Actividad resuelta

Sabiendo que por un horno eléctrico conectado a una red de 220 V circula una corriente de 10 A de intensidad, calcular la potencia que consume, su resistencia y el valor de esta.

Es un problema de aplicación directa de la fórmula:

$$P = V \cdot I = 220 \cdot 10 = 2.200\ W = 2{,}2\ kW$$

Para obtener el valor de la resistencia, aplicamos directamente la ley de Ohm:

$$V = I \cdot R \rightarrow R = \frac{V}{I} = \frac{220}{10} = 22\ \Omega$$

Un tostador de pan tiene una resistencia de 40 Ω y se conecta a la tensión de 220 V. ¿Cuál es su potencia? ¿Qué energía consume en 10 minutos? Si el precio del kWh es de 0,13 €, ¿cuánto nos costará tener el tostador encendido ese tiempo?

Podemos obtener la potencia aplicando directamente:

$$P = \frac{V^2}{R} = \frac{220^2}{40} = 1.210\ W = 1{,}21\ kW$$

Como 10 minutos son 10/60 horas = 0,166 horas, la energía consumida es:

$$W = P \cdot t = 1{,}21 \cdot 0{,}166 = 0{,}202\ kWh$$

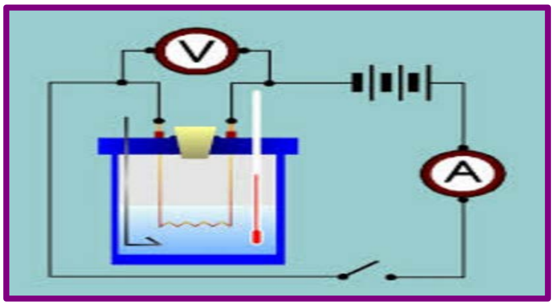
El precio de este consumo será: 0,202 · 0,13 = 0,026 €

Si hacemos el gesto de tostar pan todos los días de un mes y le añadimos el 21 % de IVA, nos situamos alrededor de 1 € en la factura eléctrica.

Efectos de la corriente eléctrica, efecto Joule

Todos hemos observado que al conectar un receptor a la corriente eléctrica este se calienta, incluso los cables usados desprenden cierta cantidad de calor. Es, por tanto, evidente que la corriente eléctrica produce calor. Este efecto, en realidad, es una pérdida de energía potencial de los electrones en su movimiento y, por lo tanto, es un efecto no deseado que en el caso de los conductores se trata de corregir empleando fundas aislantes que minimicen esta pérdida de energía. Otras veces, con todo, es un efecto que podemos aprovechar. Pensemos en el caso de estufas eléctricas, calefactores, hornos, etc., todos ellos basados en el calentamiento que se produce al pasar la corriente eléctrica a través de una resistencia.

Fue Joule quien encontró la relación entre la cantidad de corriente eléctrica que atraviesa un conductor y la cantidad de calor que se produce. Con un aparato semejante al utilizado para encontrar la relación entre el calor y el trabajo, pero sustituyendo las palas mecánicas que calentaban el agua por una resistencia eléctrica.



Al pasar la corriente eléctrica a través de la resistencia, esta se calienta y transmite el calor al agua, que elevará la temperatura del termómetro.

Tomando datos para varios voltajes podemos encontrar una expresión para el calor producido.

Ya vimos cómo el calor es equivalente al trabajo mecánico y este puede encontrarse a partir de la potencia:

$$P = \frac{W}{t} \rightarrow W = P \cdot t$$

Además la potencia en un circuito eléctrico es P = V · I. Sustituyendo V por la ley de Ohm, podemos expresar el calor desprendido como:

$$Q = I^2 \cdot R \cdot t$$

De aquí se desprende que, aumentando cualquiera de los tres parámetros en un circuito -el voltaje, la intensidad o la resistencia-, aumentaremos la cantidad de calor emitido.

Recuerde que el calor se mide en Joules o en calorías, siendo 1 cal = 4,18 J y los Joules son la unidad de energía en el SI; por lo tanto el tiempo tiene que ir en segundos.

Actividad resuelta

Una lámpara lleva inscrito 100 W a 220 V. Determinar la intensidad de corriente que circula por ella y el calor que desprende el filamento de tungsteno en una hora.

Como tenemos la potencia 100 W y la tensión 220 V podemos aplicar:

$$P = V \cdot I \rightarrow I = \frac{P}{V} = \frac{100}{220} = 0{,}45\ A$$

Por la ley de Joule el calor desprendido será (1 h = 3.600 s):

$$Q = P \cdot t = 100 \cdot 3.600 = 360.000\ J$$

Actividades propuestas

S22. Calcule la potencia eléctrica de una lámpara alimentada a un voltaje de 220 voltios si por ella pasa una intensidad de corriente de 2 amperios. Calcule la energía eléctrica consumida por la lámpara si estuvo encendida durante 1 hora.

S23. Calcule la potencia eléctrica de un motor por el que pasa una intensidad de 4 A y que tiene una resistencia de 100 Ω. Calcule la energía eléctrica consumida por el motor si estuvo funcionando durante media hora.

S24. Cubra los huecos que faltan en la tabla siguiente:

Ejercicio	I	V	R	P
1º	5 A	500 mV		
2º	20 A		5 Ω	
3º	30 mA			5 W
4º		200 kV		100 mW
5º		10 kV	15 kΩ	
6º			600 mΩ	1 kW

S25. Calcule el calor desprendido en calorías por una estufa de 1.000 W en un minuto de funcionamiento (1 cal = 4,18 J).

S26. Determine el calor desprendido por un conductor de cobre de 10 m de longitud y 1 mm^2 de sección que alimenta un motor eléctrico de 2.000 W de potencia a una tensión de 220 V durante una hora. ($\rho_{(cobre)}$ = 1,72 · 10^{-8} Ω · m)

S27. ¿Qué ocurriría con el conductor del ejercicio anterior si fuera de una sección de 6 mm^2? Entiéndase por qué a veces tenemos que poner conductores de mayor sección en una instalación eléctrica.

3. Actividades finales

Intercambio de energía. Trabajo y calor

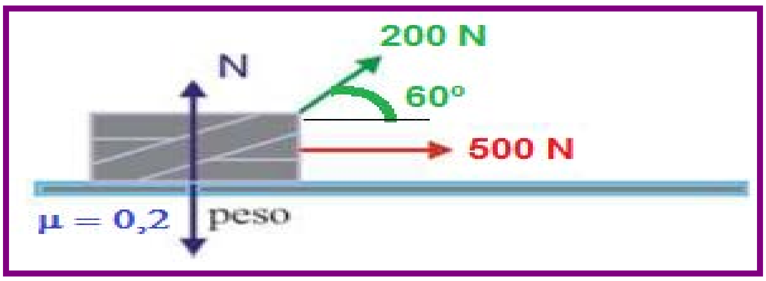
S28. Piense en la definición del trabajo mecánico y explique si se hace o no trabajo en las siguientes situaciones:

a) Levantar la mochila del suelo.
b) Esperar el autobús con la mochila en la mano.
c) Subir una escalera con la mochila a la espalda.
d) Empujar con fuerza una pared.
e) Dar una patada a un balón parado.

S29. Calcule el trabajo que se realiza cuando arrastramos un baúl de 20 kg de masa una distancia de 2 m, en un suelo horizontal sin roce, mediante una cuerda que forma un ángulo de 60º con la horizontal y a la que se le aplica una fuerza de 50 N.

S30. Determine el trabajo realizado por la fuerza de roce cuando arrastramos un bloque de hormigón de 90 kg de masa una distancia de 5 m sobre el suelo horizontal. El coeficiente de roce entre el bloque y el suelo es de $\mu = 0,1$.

S31. En el dibujo de la figura el cajón de 100 kg de masa sufre un desplazamiento de 4 m. Toda vez que el coeficiente de roce con el suelo es de $\mu = 0,2$, determine el trabajo de cada una de las fuerzas que actúan sobre él. Calcule la fuerza resultante que actúa en la dirección del desplazamiento y obtenga el trabajo que realiza. Compruebe si la suma de todos los trabajos es igual al trabajo de la fuerza resultante.



S32. Una máquina térmica trabaja calentando 100 kg de agua desde una temperatura de 75 ºC hasta los 125 ºC. Si tiene un rendimiento de 30 %, ¿hasta qué altura podrá elevar un objeto de 20 t (toneladas) de masa con el trabajo producido? ($c_{(agua)}$ = 4 180 J/kg K).

S33. Un ascensor de 200 kg de masa sube hasta una altura de 30 m con velocidad constante empleando un tiempo de 30 s. Otro ascensor de 400 kg sube hasta 70 m a velocidad constante empleando 80 s.

a) Calcule la potencia de ambos ascensores, indicando cuál es el más útil.
b) ¿En cuánto tiempo tendrá que subir el segundo ascensor para tener la misma potencia que el primero?

S34. Un escalador con una masa de 80 kg invierte 40 s en escalar una pared de 10 m de altura. Calcule:

a) El trabajo realizado en la escalada.
b) La potencia del escalador.

S35. Una grúa funciona con una caldera que emite un calor de 15.000 J para producir el vapor que mueve su mecanismo. Si la máquina puede realizar el trabajo necesario para elevar un objeto de 100 kg hasta una altura de 10 m, ¿cuál será el calor emitido al ambiente? ¿Cuál es el rendimiento de esta máquina?

S36. Un trozo de hierro de 900 g e inicialmente a 27 ºC se somete a un foco caliente que tiene una potencia calorífica de 450 W durante 5 minutos. ¿Qué temperatura alcanzará? ($c_{(hierro)}$ = 1.450 J/kg K)

S37. Una motobomba tiene una potencia de 2,5 CV y un rendimiento del 60 %.

a) ¿Cuánto tiempo precisa para elevar 100 m^3 de agua a una altura de 5 m?
b) ¿Qué trabajo realiza el motor?
c) ¿Qué cantidad de energía en forma de calor se perdió en el proceso?

Energía mecánica

S38. Un camión de 5.000 kg va a una velocidad de 54 km/h. Determine la energía cinética que posee. Compare esta energía con la que tendría si fuese al doble de velocidad, 108 km/h. ¿Será el doble? ¿Qué pasaría si en vez duplicar la velocidad lo que se duplica es la masa a 10.000 kg?

S39. Al arrastrar un cajón de 50 kg inicialmente en reposo una distancia de 10 m alcanza una velocidad de 10,8 km/h. Determine la fuerza que actuó sobre el cajón.

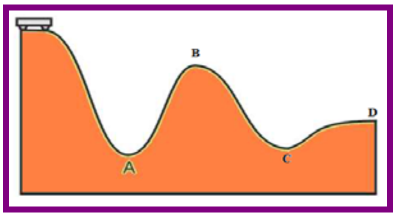
S40. Un automóvil de 1.200 kg de masa va inicialmente a una velocidad de 36 km/h. Calcule la velocidad final que llevará si durante un recorrido de 500 m el motor hace una fuerza de 630 N.

S41. Un coche de 1.000 kg se mueve con una velocidad de 43,2 km/h. Su energía mecánica es de 200.000 J. ¿Cuánta energía potencial posee? ¿A qué altura estará?

S42. Un objeto de 50 kg tiene una energía potencial de 9.800 J. ¿A cuántos metros más tendremos que subirlo para que su energía potencial se duplique?

S43. En un edificio cada piso está separado por una distancia de 3 m. Si tenemos que subir un baúl de 60 kg del primer piso hasta el sexto, ¿qué trabajo tendremos que realizar?

S44. La vagoneta de una montaña rusa pesa 2.000 N. Sale del punto más alto (40 m) sin velocidad inicial. Las alturas de los puntos A, B, C y D son, respectivamente, 2 m, 30 m, 8 m y 10 m. El roce lo supondremos despreciable. Calcule:

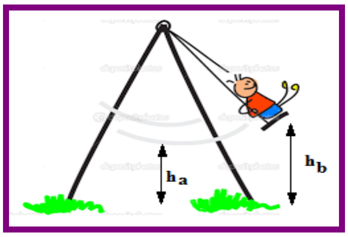
	a) La energía mecánica inicial. b) La energía cinética y potencial en el punto A. c) La velocidad en el punto B. d) La energía mecánica en los puntos A, B, C y D. e) La velocidad con la que llega al punto D.

S45. Un pequeño meteorito de 2 kg entra en la atmósfera y a 12 km de altura sobre la superficie de la Tierra lleva una velocidad de 500 m/s.

a) Calcule con qué velocidad chocará contra el suelo, suponiendo despreciable el roce con el aire y que la gravedad vale siempre 9,8 m/s^2.

b) Calcule de nuevo esa velocidad, pero suponiendo ahora que pierde el 40 % de su energía inicial por el roce con el aire.

S46. Un niño alcanza una altura máxima de h_b = 1 m cuando se balancea en un columpio que, en reposo vertical, está a una altura de h_a = 0,5 m del suelo.

	a) ¿Cuál es la velocidad máxima que puede alcanzar? b) ¿Depende esta velocidad de la masa del niño que se balancea? c) ¿Cuál es la variación de la energía cinética del niño desde el punto más bajo al punto más alto?

S47. Una moto de 300 kg sube una cuesta inclinada. En el punto más bajo de la cuesta la velocidad de la moto era 54 km/h; acelera y, después de ganar 100 m en altura, su velocidad es 72 km/h. Calcule:

a) La energía inicial de la moto.

b) La energía mecánica de la moto después de subir los 100 m.

c) Si no hay rozamientos en el recorrido, ¿cuánto trabajo hizo el motor de la moto?

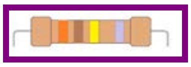
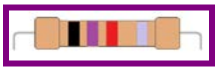
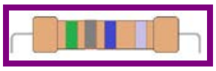
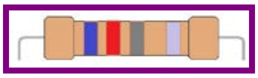
d) Y si el trabajo contra el rozamiento del asfalto en el recorrido fue 220.000 J, ¿cuánto trabajo hizo el motor del vehículo?

S48. Se lanza una piedra de 200 g hacia arriba con una velocidad inicial de 20 m/s y alcanza una altura de 15 m. ¿Cuál fue la energía perdida a causa del roce contra el aire?

Electricidad y circuitos eléctricos

S49. Calcule la intensidad que circula por una estufa eléctrica que posee una resistencia eléctrica consistente en un hilo de nicromo (aleación de níquel y cromo) de 100 Ω de resistencia, conectada a una red eléctrica de 220 V. Determine la potencia eléctrica de la estufa y la energía eléctrica consumida si está encendida durante media hora.

S50. Calcule el valor de las siguientes resistencias sabiendo que sus colores son: naranja, marrón, amarillo; negro, violeta, rojo; verde, gris, azul; azul, rojo, gris. Todas ellas con la última banda en plateado.

S51. La longitud de un hilo conductor de aluminio es de 5 m y tiene una sección de 6 mm^2. ¿Cuál será el calor que disipa cuando alimenta un motor de 3.300 W conectado a una tensión de 220 V durante 4 horas? (La resistividad del aluminio es $\rho = 2{,}6 \cdot 10^{-8}\ \Omega \cdot m^2$.

S52. Una resistencia eléctrica de 0,5 kW se introduce en 2 kg de agua a 20 ºC durante 2 minutos. Determine la energía eléctrica usada y el aumento de la temperatura del agua. ($c_{(agua)}$ = 4.180 J/Kg · K)

S53. Una línea eléctrica de 2 km de longitud está formada por un conductor de aluminio ($\rho = 2{,}6 \cdot 10^{-8}\ \Omega \cdot m^2$) de 25 mm^2 de sección. Si por ella circula una corriente de 10 A, calcule:

a) La tensión a la que está sometida la línea.

b) La potencia disipada por la línea.

S54. Dos resistencias de 12 Ω se conectan en paralelo a una tensión de forma que la intensidad de corriente que circula por cada una de ellas es de 20 A. Calcule:

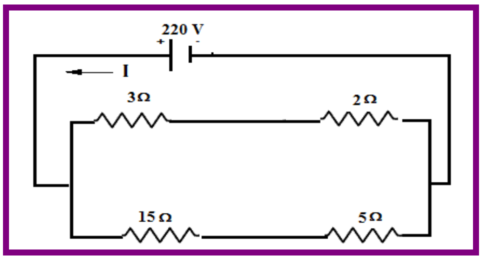
a) La tensión a la que están conectadas.

b) La intensidad total.

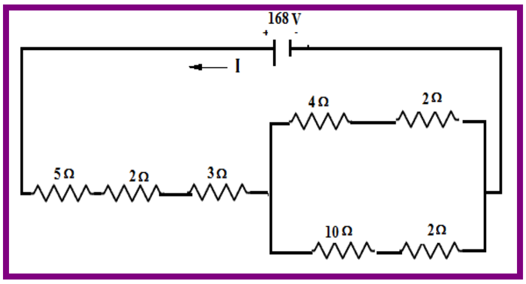
c) La resistencia total.

d) La energía consumida por las dos resistencias en 6 horas de funcionamiento.

S55. En el circuito de la figura calcule:

a) La resistencia equivalente. b) La intensidad total. c) La intensidad en cada rama. d) La potencia de la resistencia de 15 Ω.	

S56. En el circuito de resistencias de la figura calcule:

a) La resistencia equivalente. b) La intensidad total. c) La intensidad en cada rama de las resistencias en paralelo. d) La potencia consumida por la resistencia de 4 Ω.	

S57. La resistencia eléctrica de un frigorífico conectado a una tensión de 220 V es de 193,6 Ω. Determine lo que puede costar tener encendido al frigorífico durante el mes de abril a razón de 6 horas diarias, si el precio del kilovatio hora es de 0,13 €.

4. Solucionario

4.1 Solucionario de actividades propuestas

S1. *W1 = 150 · 15 = 2.250 J; W2 = 100 · cos 60 · 15 = 750 J; WT = 3.000 J*

S2. *A) Sí, el trabajo no depende del tiempo. B) Al elevar la carga; al desplazarla no realiza trabajo. C) Porque es perpendicular al desplazamiento. D) Sólo si la de 40 N forma cierto ángulo respecto al desplazamiento.*

S3. *Wr = -1.568 J; W = 4.000 J; WT = 2.432 J*

S4. *Q = W = 6.213.000 J*

S5. *P = 621.300 N*

S6. *A) W = 45.000 J; B) P = 4.500 W = 4,5 kW; C) η = 69,2 %*

S7. W_{util} *= 1.000 J*

S8. *A) P = 2,25 kW; B) W = 6.075.000 J; C) E = 1,69 kWh*

S9. *Ec = 5.625.000 J = 5,625 MJ*

S10. *Ec = 22.500.000 J = 22,5 MJ. No es el doble ya que la velocidad va al cuadrado.*

S11. *A)* E_c *= 40 J. B) W = 40 J. C)* F_r *= 4 N*

S12. *A)* E_{co} *= 1500 J;* E_{cf} *= 6.000 J. B) W = 4.500 J. C) F = 9 N*

S13. *F = 35 N*

S14. E_p *= 2.940 J;* E_p *= 5.880 J. Si la altura es el doble, la energía potencial será el doble.*

S15. *W = 2.940 J*

S16. *E_m = 123 J*

S17. *A) Sólo potencial: E_m = 117,6 J. B) Sólo cinética: E_m = 117,6 J. C) v = 18,8 m/s. D) Suma de cinética y potencial: E_m = 117,6 J. E) v = 14 m/s*

S18. *H = 6,27 m; V = 11,09 m/s*

S19. *A) R_{eq} = 4 Ω. B) I = 6 A. C) I_1 = 2 A; I_2 = 4 A*

S20. *A) R_{eq} = 5 Ω. B) I = 12 A. C) I_1 = 6 A; I_2 = 4 A; I_3 = 2 A*

S21. *V = 40 V*

S22. *P = 440 W; E = 0,44 kWh*

S23. *P = 1.600 W; E = 0,8 kWh*

S24.

Ejercicio	I	V	R	P
1º	5 A	500 mV	0,1 Ω	2,5 W
2º	20 A	100 V	5 Ω	2.000 W
3º	30 mA	166,7 V	5.555,5 Ω	5 W
4º	0,5 μA	200 kV	$4 \cdot 10^{11}$ Ω	100 mW
5º	0,67 A	10 kV	15 kΩ	6.666,7 W
6º	40,8 A	24,5 V	600 mΩ	1 kW

S25. *Q = 14.354,07 cal*

S26. $I = \frac{P}{V} = \frac{2000}{220} = 9{,}1\ A$ *Q = 51.275,9 J*

S27. *Q = 8546 J*

4.2 Solucionario de actividades finales

S28. *A) Sí, la fuerza y el desplazamiento son paralelas. B) No, no tenemos desplazamiento. C) Sí, la fuerza y el desplazamiento son paralelas. D) No, no tenemos desplazamiento. E) No, después del impulso comunicado no hay fuerza aplicada.*

S29. $W = 50$ J

S30. $W = 441$ J

S31. $W_{rozamento} = -784$ J; $W_{util} = 2.400$ J; $F_R = 404$ N; $W_T = 1.616$ J

S32. $h = 32$ m

S33. A) $P_A = 1.960$ W; $P_B = 3.430$ W. B) $t = 140$ s

S34. A) $W = 7.840$ J. B) 196 W

S35. $Q = 5.200$ J; $\eta = 65{,}3$ %

S36. $T_f = 130{,}4$ ºC

S37. A) 4.441,4 s = 74,02 min. = 1,23 h; B) W = 4,9 MJ; C) 3,27 MJ

S38. $E_c = 5{,}625 \cdot 10^5$ J; $E_c = 2{,}25 \cdot 10^6$ J. *No es el doble, la velocidad está al cuadrado. Si duplicamos la masa se duplica la energía* $E_c = 1{,}125 \cdot 10^6$ J

S39. $F = 22{,}5$ N

S40. $v = 122{,}5$ m/s = 441 km/h

S41. $Ep = 128.000$ J; $h = 13{,}1$ m

S42. *Otros 20 m*

S43. $W = 8.820$ J

S44. A) $E_m = 80.000$ J. B) $E_c = 76.000$ J, $E_p = 4.000$ J. C) $v = 25{,}04$ m/s. D) $E_m = 80.000$ J. E) $v = 24{,}24$ m/s.

S45. *A) v = 696,6 m/s = 2 507,6 km/h. B) v = 539,6 m/s = 1 942,4 km/h.*

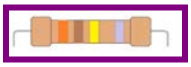
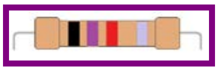
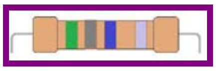
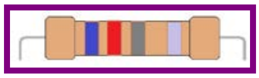
S46. *A) v = 3,13 m/s. B) Non. C)* $\Delta E_c = 4,9$ *J*

S47. *A)* $E_c = 33.750$ *J. B)* $E_m = 354.000$ *J. C) W = 320.250 J. D) W = 540.250 J*

S48. $E_{perdida} = 10,6$ *J*

S49. *I = 2,2 A; P = 448 W; E = 0,242 kWh*

S50.

			
310.000 ± 31.000 Ω	700 ± 70 Ω	700 ± 70 Ω	58 ± 5,8 MΩ

S51. *Q = 70.200 J*

S52. *E = 0,017 kWh; T = 27,18 ºC*

S53. *A) V = 20,8 V. B) P = 208 W*

S54. *A) V = 240 V. B) I = 40 A. C)* $R_{eq} = 6\ \Omega$*; D) E = 57,6 kWh*

S55. *A)* $R_{eq} = 4\ \Omega$*. B) I = 55 A. C)* $I_1 = 44$ *A;* $I_2 = 11$ *A. D) P = 1815 W*

S56. *A)* $R_{eq} = 4\ \Omega$*. B) I = 12 A. C)* $I_1 = 8$ *A;* $I_2 = 4$ *A. D) P = 256 W*

S57. *Coste = 5,85 €.*

5. Glosario

B	▪ Biela	En las máquinas, barra que sirve para transformar el movimiento de vaivén en otro de rotación o viceversa.
C	▪ Calorimetría	Rama de la física que trata de la medición del calor.
	▪ Cuantificar	Expresar numéricamente una magnitud de algo.
D	▪ Disipar	Desperdiciar, malgastar. En el texto se refiere a la energía que se pierde.
E	▪ Ebonita	Material compuesto de goma elástica, azufre y aceite de linaza, negro, muy duro y de uso industrial, especialmente como aislante eléctrico.
	▪ Electrón	Partícula elemental con carga eléctrica negativa que gira alrededor del núcleo del átomo.
	▪ Enlace químico	Interacción física que tiene lugar entre átomos para formar moléculas y que se realiza a través del intercambio de electrones.
	▪ Energía másica	Es la energía contenida en la propia masa de un objeto en virtud de su propia existencia. Einstein estableció que cuando desaparece cierta cantidad de masa *m*, la energía liberada es $Y = m \cdot c^2$, siendo *c* la velocidad de la luz.
F	▪ Fisión	Ruptura. Fisión nuclear, extracción de la energía de un núcleo atómico por ruptura de este.
	▪ Fusión	Unión. Fusión nuclear, extracción de la energía que provoca la unión de dos núcleos atómicos para dar un núcleo más pesado.
G	▪ Gravitacional.	Que pertenece o es relativo a gravitación.
M	▪ Macroscópico	Que se ve a simple vista sin ayuda del microscopio.
	▪ Magnitud física	Es un valor asociado a una propiedad física o cualidad medible de un sistema físico. Toda propiedad de un cuerpo o sistema que puede medirse.
	▪ Molécula	Unidad mínima de una sustancia, que conserva sus propiedades químicas y puede estar formada por átomos iguales o diferentes.
O	▪ Oblicuo	Que se desvía de la línea vertical u horizontal formando un ángulo con respecto a ellas.
P	▪ Pistón	Pieza que se mueve alternativamente en el interior de un cuerpo de bomba o del cilindro de una máquina para enrarecer o comprimir un fluido o recibir de él movimiento.
R	▪ Radiante	Que radia. Que difunde por medio de ondas electromagnéticas sonidos, imágenes o energía.
S	▪ Seno y coseno de un ángulo	Son relaciones trigonométricas que dan la proporción entre el cateto opuesto y la hipotenusa y el cateto contiguo y la hipotenusa, respectivamente, en un triángulo rectángulo.
T	▪ Teoría cinética	Teoría que explica el comportamiento de los gases a partir del movimiento de las partículas que los componen.

6. Bibliografía y recursos

Bibliografía

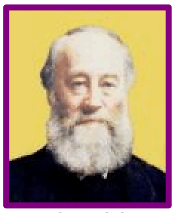
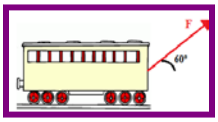
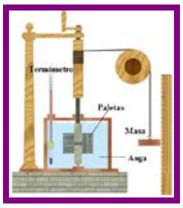
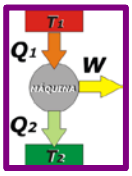
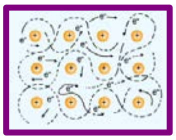
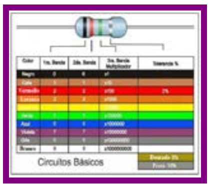
- *Física e Química 4º ESO (Aula 3D)*, Ed. Vicens Vives , 2016.
- *Física e Química 4º ESO Proxecto Ánfora*, Ed. Oxford, 2016.
- *Física e Química 4º ESO Proxecto Saber y Hacer*, Ed. Santillana, 2016.
- *Física e Química 4º ESO Edebe On*, Ed. Edebé, 2016.
- *Electrotecnia. Renovación tecnológica*, Ed. Paraninfo Thomson Learning, 2000
- *Electrotecnia. Renovación tecnológica*, Ed. Paraninfo, 1999

Enlaces de Internet

- https://www.edu.xunta.es/espazoAbalar/espazo/repositorio/cont/circuitos-electricos
- http://recursostic.educacion.es/newton/web/materiales_didacticos/EDAD_4eso_trabajo_energia/4quincena6/4q6_index.htm
- https://www.edu.xunta.es/espazoAbalar/sites/espazoAbalar/files/datos/1372921735/contido/Unidade10/apuntes.html
- https://www.edu.xunta.es/espazoAbalar/sites/espazoAbalar/files/datos/1412081372/contido/index.html

7. Anexo. Licencia de recursos

Licencias de recursos utilizados en esta unidad didáctica

RECURSO (1)	DATOS DEL RECURSO (1)	RECURSO (2)	DATOS DEL RECURSO (2)
 RECURSO 1	▪ Procedencia: http://elsanturariodelaelectronica.webnode.es/personajes-ilustres-de-la-electronica/james-prescott-joule/	 RECURSO 2	▪ Procedencia: http://www.fabulascortas3.com/2015/08/los-bueyes-y-el-eje-de-la-carreta.html
 RECURSO 3	▪ Procedencia: http://www.imagui.com/a/como-dibujar-un-vagon-de-tren-iBXrB6Bq9	 RECURSO 4	▪ Procedencia: http://acer.forestales.upm.es/basicas/udfisica/asignaturas/fisica/termo1p/joule.html
 RECURSO 5	▪ Procedencia: http://www.darwin-milemium.com/estudiante/fisica/Temario/Tema6.htm	 RECURSO 6	▪ Procedencia: https://ricuti.com.ar/no_me_salen/TERMO/TEOR_maq_term.html
 RECURSO 7	▪ Procedencia: https://sites.google.com/site/biocienciasdesamuel/enlace-quimico	 RECURSO 8	▪ Procedencia: http://www.areatecnologia.com/electricidad/resistencia-electrica.html
 RECURSO 9	▪ Procedencia: http://mx.depositphotos.com/64286967/stock-illustration-cartoon-boy-playing-on-a.htm		