# Corriente eléctrica (parte 3)

## Ley de Joule y conservación de la energía

**Toda corriente eléctrica es portadora de energía que puede convertirse en otras formas de energías**.

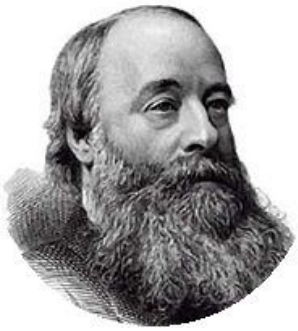
Si consideramos el conductor "rulo", al circular por él una corriente eléctrica se produce una trasformación de energía eléctrica en térmica (o calorífica): "desprende calor".

Si $U_{ced}$[1] representa la energía eléctrica que se convierte en energía térmica "**cedida**" por el conductor "rulo" (el calentador) al sistema, entonces dicha energía térmica se da por:

$$U_{ced} = R \cdot I^2 \cdot t \qquad \text{(ley de Joule)}$$

siendo $I$ la intensidad de la corriente eléctrica que circula por el conductor "rulo", $t$ el tiempo durante el cual circula dicha corriente eléctrica, y $R$ la resistencia del conductor "rulo" **que supondremos se mantiene constante en todo momento**, es decir, el "rulo" se calienta pero no lo suficiente para cambiar su resistencia... ¡cumple con la ley de Ohm!

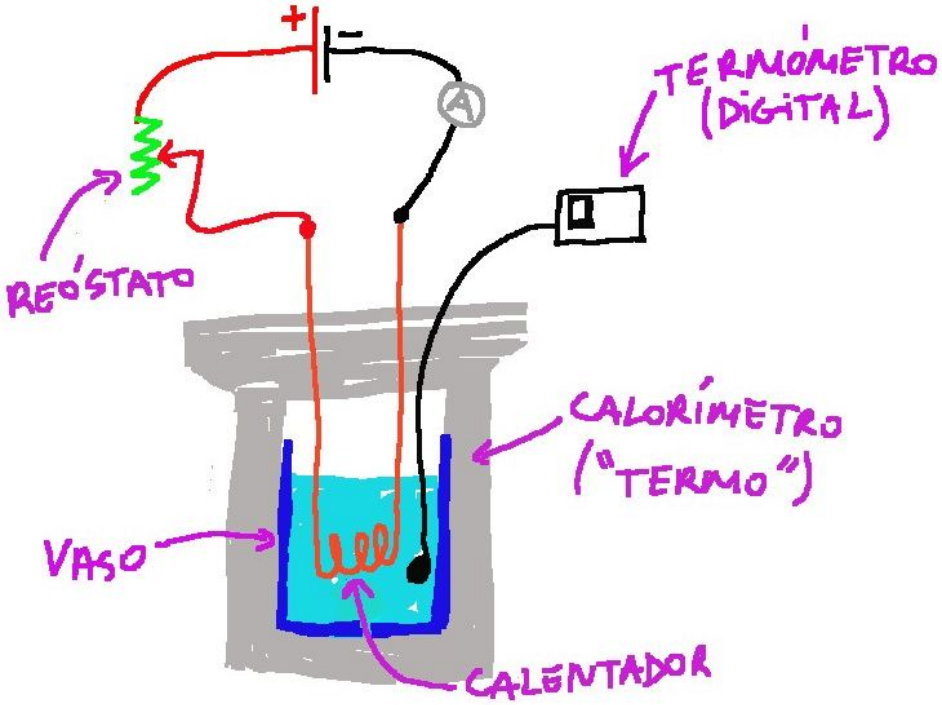
La ecuación anterior expresa matemáticamente la ley de Joule, que en palabras "reza" lo siguiente: *si la resistencia permanece **constante**, la energía térmica (calorífica) trasformada por dicho conductor, es directamente proporcional a su resistencia, al **cuadrado** de la intensidad de la corriente que lo atraviesa, y al tiempo durante el cual circula dicha corriente*.



Podemos ir más lejos. Consideremos el siguiente montaje experimental (ver siguiente página) para demostrar la conservación de la energía, donde el "aparato" fundamental es el **calorímetro**. Básicamente un calorímetro es un termo de laboratorio. Si esta bien diseñado, toda la energía térmica liberada por un calentador interior a éste, no se fuga al exterior. Por supuesto que esto sería lo ideal. Siempre se producen fugas de energía, pero siempre dentro de lo tolerable.

[1] Si, "$U$" para energía y no "$E$", que la usamos para el campo eléctrico.

Todo el material se distribuye bajo la licencia CC-BY. Template copyright © 2020 by P. Cicuta & G. Organtini
sosfisica.orgfree.com ✉ augalexandre88@gmail.com




En el interior del calorímetro hay un vaso que contiene a un líquido, generalmente agua. Dentro del líquido se encuentra el calentador (conductor "rulo"), conectado a un circuito externo al calorímetro, similar al empleado en el montaje experimental para la comprobación de la ley de Ohm.

Como todo el mundo sabe, para elevar la temperatura de un cuerpo hay que suministrarle cierta cantidad de energía. Si $\Delta T$ representa el aumento[2] de temperatura, entonces podemos calcular este aumento de temperatura con la ecuación[3]:

$$\Delta T = \frac{U_{abs}}{c \cdot m}$$

siendo $U_{abs}$ la energía "**absorbida**" por el sistema, $m$ la masa del cuerpo (=sistema), y $c$ el **calor específico** del material del que esta hecho el cuerpo. Para hacerse una idea, el calor específico del agua pura es $c = 4184$ J/(kg·°C), lo que significa que para elevar la temperatura de 1 kg de agua pura en 1 °C, se necesitan 4184 joules de energía.

Ahora, la ecuación anterior la podemos reescribir de esta otra forma:

$$U_{abs} = c \cdot m \cdot \Delta T$$

Si el sistema es cerrado (agua dentro del calorimetro), por la conservación de la energía, debe cumplirse que:

$$U_{ced} = U_{abs}$$

o sea:

$$R \cdot I^2 \cdot t = c \cdot m \cdot \Delta T$$

[2] $\Delta T$ representa en general la variación o no de la temperatura del cuerpo, y no solo un aumento de ésta.

[3] Esta ecuación es aproximada si pensamos en el calorímetro, ya que la energía térmica se reparte entre el agua, el vaso, el agitador, el termómetro... sin embargo para nuestros propósitos es suficiente.

Todo el material se distribuye bajo la licencia CC-BY. Template copyright © 2020 by P. Cicuta & G. Organtini

En palabras: la ecuación anterior nos dice que la energía térmica cedida (a la izquierda del signo de $=$), si no hay "fugas" de energía, debe ser absorbida por el sistema; repartida entre el agua, el termómetro, el agitador, el vaso, y las paredes internas del calorímetro.

A efectos prácticos, la última ecuación se puede nuevamente reescribir como:

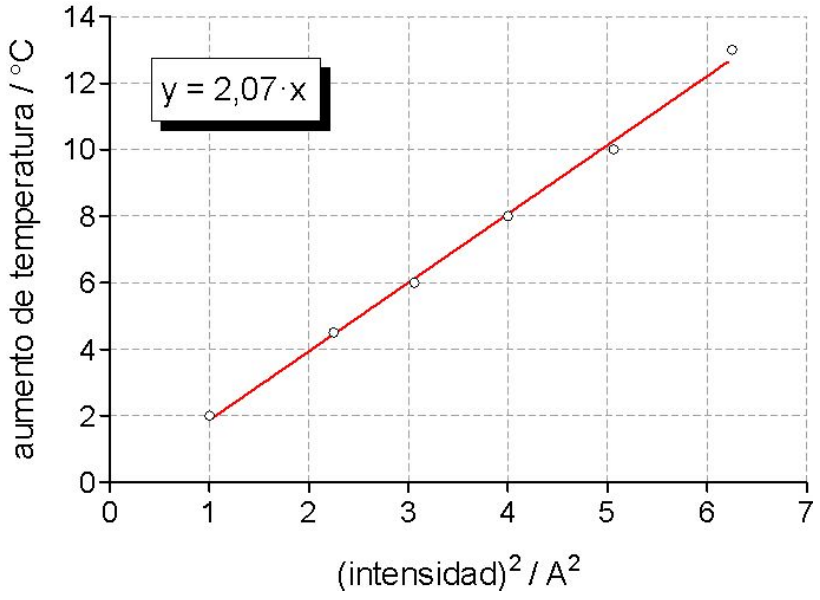
$$\Delta T = \left(\frac{R \cdot t}{c \cdot m}\right) \cdot I^2$$

donde lo que figura entre paréntesis es una constante, es decir, la ecuación anterior establece una relación de proporcionalidad directa entre la variación de temperatura y el **cuadrado** de la intensidad de la corriente eléctrica que circula por el calentador.

En este video un estudiante realiza una comprobación experimental de la ultima ecuación, es decir, comprueba la conservación de la energía siguiendo los pasos de Joule. . . con otra tecnología.

## Actividad

La gráfica obtenida a partir de las medidas hechas por el estudiantes es la siguiente.




Todo el material se distribuye bajo la licencia CC-BY. Template copyright © 2020 by P. Cicuta & G. Organtini

1. ¿Con esta gráfica se demuestra la conservación de la energía?
2. Según esta gráfica, para aumentar la temperatura del agua en 8 °C, ¿qué intensidad de corriente eléctrica se necesita hacer circular por el calentador?
3. Sabiendo que calentó 90 gramos de agua durante 3 minutos, que el calor específico del agua es $c = 4184$ J/(kg·°C), y tomando en cuenta la ecuación que aparece en la gráfica, ¿cuánto vale la resistencia del calentador?
   Una ayudita: comparar la siguiente ecuación con la que figura en la gráfica.

$$\Delta T = \left(\frac{R \cdot t}{c \cdot m}\right) \cdot I^2$$

## Potencia

Como ya mencioné antes, una corriente eléctrica transporta energía eléctrica, la cual se puede transformar en otra forma de energía. Por ejemplo, un motor eléctrico convierte la energía eléctrica en mecánica, un calentador eléctrico transforma la energía eléctrica en energía térmica, una lampara, energía eléctrica en energía lumínica... Esta transformación de energía tiene lugar en un cierto tiempo. La potencia nos da una idea de la "rapidez" con la que se produce dicha transformación de energía, o dicho de otra manera, la potencia es **numéricamente** igual a la energía transformada en cada segundo. Matemáticamente la potencia, $\mathcal{P}$, se da por:

$$\mathcal{P} = \frac{U}{t}$$

siendo $U$ la energía transformada en el tiempo $t$.

De la ecuación anterior, se deduce que la unidad internacional de la potencia es el watt o vatio (W) en honor a James Watt, que como puede deducirse de la ecuación anterior, resulta que:

$$\text{watt} = \frac{\text{joule}}{\text{segundo}}$$

o simbólicamente:

$$1\ \text{W} = \frac{1\ \text{J}}{1\ \text{s}}$$

## Potencia de una CC

En tal caso, la potencia asociada a la corriente eléctrica será:

$$\mathcal{P} = \frac{U}{t} = R \cdot I^2 \quad \Rightarrow \quad \mathcal{P} = R \cdot I^2$$

que es otra manera de expresar la ley de Joule, pero en términos de potencia eléctrica.

## Actividad

Continuando con la actividad anterior, cuando la temperatura del agua se elevó 8 °C, ¿cuál era la potencia del calentador en ese momento?

Todo el material se distribuye bajo la licencia CC-BY. Template copyright © 2020 by P. Cicuta & G. Organtini