

Determinación de la constante de enfriamiento de Newton y su dependencia con la transferencia de calor por radiación.

Carbajo Facundo, Fernández Agustina, Martínez Conrado, Tello Matías.
Universidad Nacional del Sur, 8000 Bahía Blanca, Argentina.

Resumen. Se determinó la constante de Newton (K_N), teniendo en cuenta como principal método de transferencia de calor presente en la experiencia a la radiación (térmica), para tres recipientes idénticos de características similares exceptuando la composición de sus superficies laterales. Dos de los recipientes poseían una ligera capa de pintura (una negra y la otra plateada) y el tercer recipiente ninguna capa, conservando el brillo propio del material.

Introducción

El calor es la forma de energía que se puede transferir de un sistema a otro como resultado de una diferencia de temperatura. Existen tres mecanismos de transferencia de calor: conducción, convección y radiación. La conducción depende de la configuración geométrica de éste, su espesor y el material del que esté hecho, así como la diferencia de temperatura a través de él. La convección es un modo de transferencia de energía entre una superficie sólida y el líquido o gas adyacentes que están en movimiento y comprende los efectos combinados de la conducción y el movimiento de fluidos. Por otra parte, la radiación térmica depende de la temperatura del cuerpo, del área y de la emisividad del material.

$$\dot{Q}_{\text{emitida}} = \epsilon \cdot \sigma \cdot A \cdot (T_{\text{sólido}}^4 - T_{\text{ambiente}}^4) \quad (1)$$

A: Área superficial del sólido.
 ϵ : Emisividad de la superficie.
 σ : Constante de Stefan-Boltzmann.
 $T_{\text{sólido}}$: Temperatura del cuerpo ($^{\circ}\text{K}$).
 T_{ambiente} : Temperatura ambiente ($^{\circ}\text{K}$).

La **emisividad** es la proporción de radiación respecto a la emitida por un cuerpo negro.

La **Ley de Enfriamiento de Newton** establece que la tasa de pérdida de calor de un cuerpo es proporcional a la diferencia de temperatura entre el cuerpo y sus alrededores. Este comportamiento se ve representado por la siguiente expresión:

$$T(t) = T_{\text{ambiente}} + (T_{\text{inicial}} - T_{\text{ambiente}}) \cdot e^{-K_N \cdot t} \quad (2)$$

t: Tiempo.

K_N : Constante de Newton.

T_{ambiente} : Temperatura ambiente ($^{\circ}\text{C}$).

T_{inicial} : Temperatura inicial ($^{\circ}\text{C}$).

El objetivo del experimento fue determinar la constante de enfriamiento de Newton para tres recipientes idénticos de características similares exceptuando la composición de sus superficies laterales, y así analizar cuál poseía una mayor transferencia de calor. Para su cumplimiento se realizó una experiencia con tres recipientes llenos con agua caliente y se les fue midiendo la temperatura en distintos instantes de tiempo.

Desarrollo

Se utilizaron tres latas de latón con el mismo volumen, una con su superficie lateral pintada con acrílico negro (Negro), otra con acrílico color plata (Plateado) y una al natural, es decir, sin pintar (Brillante). A cada una se las llenó con 380 ml de agua a 95°C . Cada una se aisló térmicamente por la parte superior e inferior con una gruesa plancha de telgopor. Se registraron simultáneamente las temperaturas utilizando una termocupla tipo k introducida en cada recipiente hasta la mitad de su volumen y un registrador Xplorer GLX, utilizando intervalos de tiempo de 5 segundos.



Ilustración 1: Presentación de los componentes.

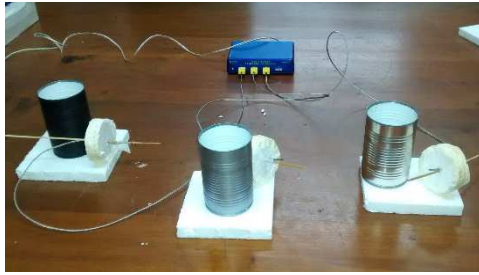


Ilustración 2: Distribución final de los componentes.

Resultados

De los datos extraídos del GLX se conformó el siguiente gráfico representante de la Ley de Enfriamiento de Newton (2):

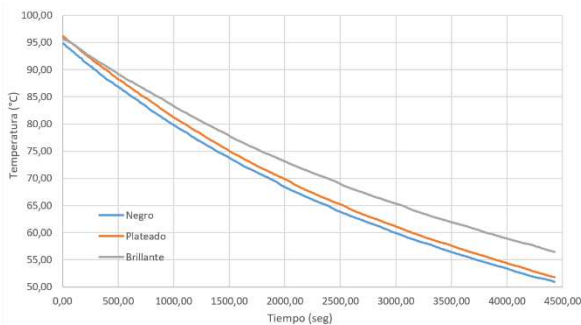


Gráfico 1: Temperatura en función del tiempo.

Debido al comportamiento que se observa en el gráfico 1 se linealizó la ecuación (2) transformándola a:

$$\ln(T - T_{\text{ambiente}}) = -K_N \cdot t + \ln(T_{\text{inicial}} - T_{\text{ambiente}}) \quad (3)$$

Se generó una nueva tabla utilizando los datos extraídos del GLX y la ecuación (3) obteniendo el siguiente gráfico:

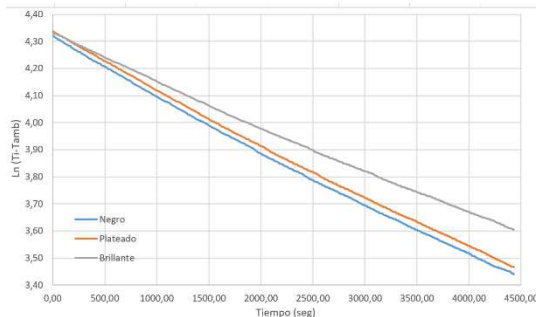


Gráfico 2: Logaritmo Natural de la diferencia de temperatura con el ambiente en función del tiempo.

Se realizó regresión lineal a las curvas del gráfico 2 y se hallaron sus pendientes (valores de K_N de cada recipiente) con sus respectivos errores:

Recipiente Negro:

$$K_N = (197,96 \pm 0,29) \cdot 10^{-6} \text{seg}^{-1}$$

Recipiente Plateado:

$$K_N = (195,71 \pm 0,27) \cdot 10^{-6} \text{seg}^{-1}$$

Recipiente Brillante:

$$K_N = (163,65 \pm 0,22) \cdot 10^{-6} \text{seg}^{-1}$$

En la experiencia se obvió la transferencia de calor por conducción y convección dado a que es aproximadamente la misma en los tres recipientes debido a que tuvieron las mismas características geométricas y, además, fueron aislados por encima y por debajo, y se trató de reducir la corriente de aire alrededor del experimento, logrando igualar la transferencia de calor por esos dos mecanismos mencionados anteriormente. Por lo tanto, se tomó como principal referencia el mecanismo de transferencia de calor por radiación térmica.

Se pudo observar, teniendo en cuenta que los errores no se solapan, que el recipiente Negro presenta una constante de Newton mayor que las demás y por otra parte el Brillante posee una constante de Newton menor a las restantes. Esto demuestra que el recipiente Negro se asemeja a un comportamiento ideal de radiación (cuerpo negro) mientras que el brillante actúa más como un cuerpo opaco (no transparente), es decir que la radiación emitida por ésta última es menor a la emitida por las otras dos. Y el recipiente plateado, si bien tiene una apariencia similar a la brillante, tiene una constante de enfriamiento de Newton más parecida al recipiente negro.

Para verificar la relación hallada experimentalmente se buscaron los valores de emisividad de cada recipiente en una tabla [2]:

Recipiente Negro:

$$\varepsilon = 0,6$$

Recipiente Plateado:

$$\varepsilon = 0,4$$

Recipiente Brillante:

$$\varepsilon = 0,03$$

Con esos valores de emisividad se pudo observar la misma relación que se halló analizando la constante de enfriamiento de Newton para radiación térmica.

Conclusiones

Antes de empezar la experiencia y teniendo en cuenta el concepto de emisividad del fenómeno de radiación térmica, se supuso que el recipiente Negro se comportaría casi como un cuerpo negro debido a la presencia de una alta emisividad y el recipiente Brillante se comportaría como un cuerpo no transparente dado que su emisividad es menor a las demás.

En este trabajo como parámetro de comparación para medir la radiación de los diferentes recipientes usamos la constante de Newton, ya que la experiencia fue diseñada para que sólo se tenga en cuenta el fenómeno de radiación térmica.

Por último, teniendo en cuenta los valores de las constantes halladas asociadas a los diferentes recipientes, se comprobó nuestra hipótesis. Dado que la constante de Newton para el recipiente Negro fue la mayor de las tres y la del recipiente Brillante, fue la menor.

Referencias

[1] Yunus A. Çengel, Michael A. Boles, Termodinámica, 4a. ed., McGraw Hill/Interamericana, 2003.

[2]

http://srcsl.com/catalogoPDFs/AreaTecnica/TABLAS_EMISIVIDAD_SENSORES_INFRRARROJOS.PDF