

Velocidad del enfriamiento del agua

Cincunegui, María Sol; Damiani, Diego; Soulé Rocío; Valenzuela Dereck.

Departamento de Ingeniería, 8000 Bahía Blanca, Argentina

Resumen. En este informe se comparará experimentalmente la curva de enfriamiento de agua en dos recipientes de igual volumen, pero distinta área. Esto se comparará con la Ley de Enfriamiento de Newton.

Introducción

En este laboratorio, se pretendió corroborar que el área de dos recipientes que tienen el mismo volumen, influye en el tiempo en que el fluido contenido dentro de cada recipiente demora en alcanzar la temperatura ambiente. Para esta experiencia se utilizó un balón y una probeta en el cual, cada una, contenía el mismo volumen de agua, sabiendo que el balón tiene menor área que la probeta.

Partiendo de la base de que el calor transferido en el tiempo por radiación, convección y conducción es proporcional a la diferencia de temperatura entre el cuerpo y el medio externo, planteamos:

$$\frac{dT}{dt} = -k(T - T_{amb}) \quad \text{ec. 1}$$

Donde "k" es la constante de Newton (la que se calculó en la experiencia), "T" es la temperatura que varía en el tiempo "t", y "Tamb" es la temperatura ambiente.

Integrando la ec. 1:

$$\ln\left(\frac{T - T_{amb}}{T_0 - T_{amb}}\right) = -kt \quad \text{ec. 2}$$

$$\ln(T - T_{amb}) = \ln(T_0 - T_{amb}) - kt \quad \text{ec. 3}$$

Finalmente:

$$T(t) = T_{amb} + (T_0 - T_{amb})e^{-kt} \quad \text{ec. 4}$$

Esta última ecuación nos da la ley de enfriamiento de Newton.

La expresión anterior incluye los tres mecanismos de transferencia del calor antes mencionados: radiación, convección y conducción; los cuales están dados, cada uno, por las siguientes ecuaciones:

$$\dot{Q}_{cond} = -k_{cond} \cdot \frac{A}{l} \Delta T \quad \text{ec. 6}$$

$$\dot{Q}_{conv} = -h \cdot A \cdot \Delta T \quad \text{ec. 7}$$

$$\dot{Q}_{rad} = \sigma \cdot \epsilon \cdot A (T^4 - T_{amb}^4) \quad \text{ec. 8}$$

Desarrollo

Para realizar este experimento se utilizaron:

- Un balón de vidrio Pirex de 200 ml, con un diámetro externo de 7,5 cm y un diámetro interno de 7,445 cm.
- Una probeta de vidrio Pirex de 250 ml con un diámetro interno de 3,26 cm y un diámetro externo de 3,84 cm.
- 210 ml de agua líquida a 79,8°C en la probeta y 210 ml de agua líquida a 77,8°C en el balón.
- Dos termocuplas y una GLX PortRun para medir la temperatura.
- Un soporte universal para sostener el balón y que no pierda calor por una superficie de apoyo.

Los elementos fueron dispuestos de la siguiente manera:



Aclaración: Para evitar que se pierda calor por otra superficie, se taparon los recipientes con elementos aislantes.

La experiencia comenzó colocando el agua en cada uno de los recipientes, con la termocupla en cada uno, y rápidamente se taparon para evitar la pérdida de calor; en ningún momento se modificó el sistema armado. Se esperó aproximadamente media hora hasta que la temperatura se estabilizó en ambos recipientes.

Con la GLX se registraron las temperaturas tomadas cada 2 segundos.

Resultados

A partir de los datos de temperatura y tiempo obtenidos de la GLX se realizó el siguiente gráfico.

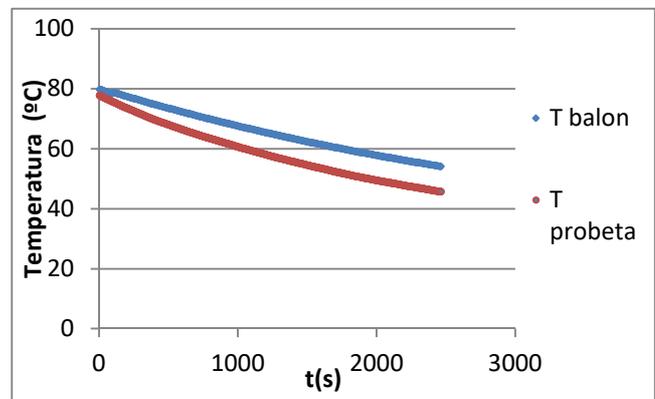


Figura 1: Grafica obtenida en base a los datos de Temperatura en función del tiempo de la GLX

Como se observó en la Figura 1, la temperatura en función del tiempo presenta una distribución exponencial, es por eso que se decidió llevar los datos a la forma de la ec N° 3, ya que de esta forma los datos se comportan de una forma lineal y gracias a esto, pudimos realizar una aproximación lineal más exacta.

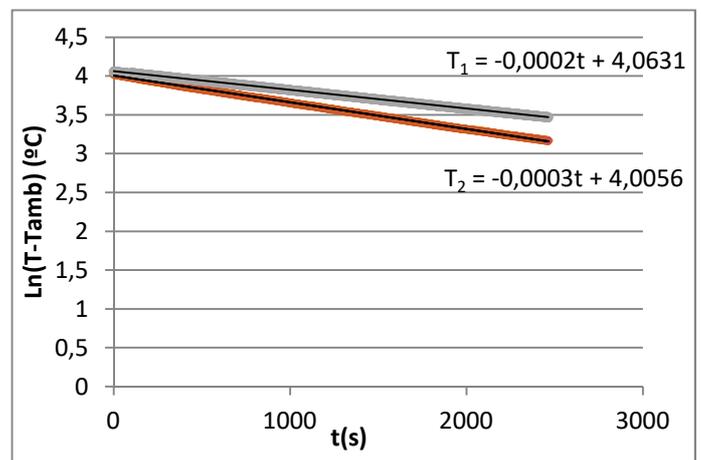


Figura 2: Obtenida a partir de la ec. 3 con sus respectivas aproximaciones lineales y rectas resultantes

De la regresión lineal realizada, se obtuvieron las siguientes rectas:

$$T_1 = -0,000241t + 4,063059$$

$$T_2 = -0,000344t + 4,005603$$

Donde T_1 corresponde a la temperatura del balón y T_2 corresponde a la temperatura de la probeta.

Comparando la pendiente de estas rectas con la Ec. 3, se determinó el valor de k experimentalmente para cada situación:

$$k_1 = 0,000241 \pm 6,77885E-08$$

$$k_2 = 0,000344 \pm 2,33082E-07$$

El cálculo de los errores se hizo utilizando la herramienta de estimación lineal de Excel.

De estos valores de k , observamos que al tener un mayor área de contacto con el medio, el valor de k aumentó, permitiendo así que la transferencia de calor sea más veloz.

Conclusiones

Se observó que como era de esperarse, la probeta fue el instrumento que transfirió una mayor cantidad de calor con el medio, en el periodo de tiempo observado, debido a que su área de contacto con el mismo era mucho mayor que la del balón.