Enfriamiento de un cuerpo
Estudio de la ley de enfriamiento de Newton

Guillermo Carrasco
E.E.T. Nº 3, Florencio Varela, Buenos Aires
gcarrasco6@hotmail.com

Estudiamos el enfriamiento de un cuerpo, en nuestro caso un termómetro de mercurio. Para ello calentamos el termómetro y lo dejamos enfriar hasta la temperatura ambiente. Medimos la temperatura en función del tiempo. Observamos que la temperatura en función del tiempo decae exponencialmente. Analizamos este caso usando la expresión de la ley de enfriamiento de Newton.

Introducción

El nombre de Isaac Newton (1641-1727) es ampliamente reconocido por sus numerosas contribuciones a la ciencia. Probablemente se interesó por la temperatura, el calor y el punto de fusión de los metales motivado por su responsabilidad de supervisar la calidad de la acuñación mientras fue funcionario de la casa de la moneda de Inglaterra. Newton observó que al calentar al rojo un bloque de hierro y tras retirarlo del fuego, el bloque se enfriaba más rápidamentre cuando estaba muy caliente, y más lentamente cuando su temperatura se acercaba a la temperatura del aire. Sus observaciones dieron lugar a lo que hoy conocemos con el nombre de ley de enfriamiento de Newton. La ley de enfriamiento de Newton se escribe como:

$$\frac{dT}{dt} = -k\,(T - T_o) \qquad (1)$$

donde la derivada de la temperatura respecto al tiempo dT/dt representa la rapidez del enfriamiento, T es la temperatura instantánea del cuerpo, k una constante que define el ritmo de enfriamiento y To es la temperatura ambiente, que es la temperatura que alcanza el cuerpo luego de suficiente tiempo.

Nuestra tarea en este trabajo es estudiar si la mencionada ley se ajusta a la observación en el caso del enfriamiento de un termómetro de mercurio.

Si el cuerpo se enfría a partir de una temperatura T_i hasta To y la ley de enfriamiento de un cuerpo es válida, la ecuación:

$$T - T_o = (T_i - T_o)\, e^{-kt} \qquad (2)$$

deberá ser adecuada para representar la evolución de la temperatura, dado que esta ecuación es solución de (1).

Método experimental

El cuerpo en estudio es un termómetro de mercurio que mide entre –10 ºC y 110 ºC con una resolución de 1 ºC. Para el experimento calentamos agua hasta que el punto de ebullición y la colocamos en un termo. Sumergimos el termómetro en el agua y esperamos a que la lectura sea la máxima posible; en nuestro caso: T_i = 76 ºC. Sacamos el termómetro del agua, lo secamos y comenzamos la lectura y el registro de su temperatura en función del tiempo. Al comienzo del experimento leímos el termómetro a intervalos de 3 segundos; luego cada 5, 10, 20 y 30 segundos (dependiendo de la velocidad del enfriamiento) hasta que alcanzó la temperatura del medio (aire), To = 26,5 ºC.

Para graficar descartamos los primeros tres registros, debido a que consideramos muy grande al error de lectura en el tramo inicial de enfriamiento rápido.

Resultados y discusión

En primer lugar graficamos la diferencia de temperatura DT = T – To, en función del tiempo t, y obtuvimos lo que se observa en la figura 2. Vemos que esta diferencia de temperatura tiende a cero a “tiempos largos”, cuando el termómetro tiende a estabilizar su lectura al valor de la temperatura del medio circundante.

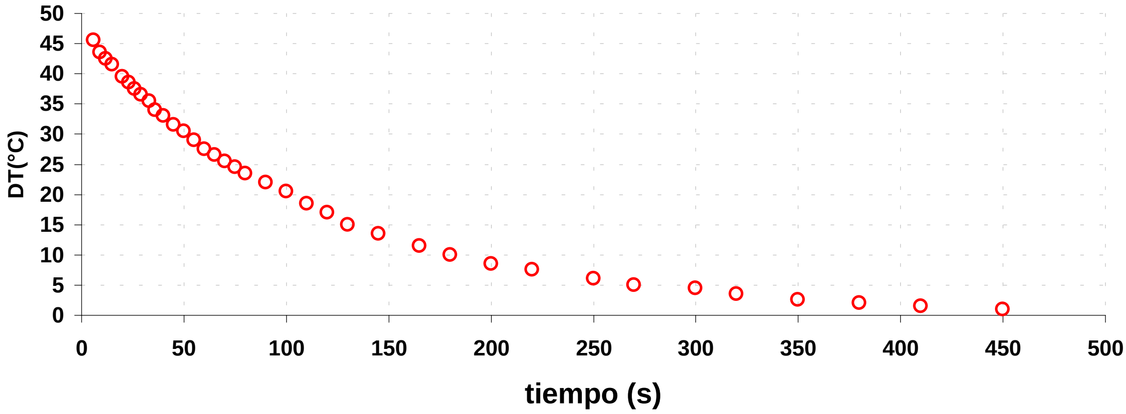

Figura 2 – Gráfico en escalas lineales de la diferencia de temperatura T – To en función del tiempo.

Vemos que si tomamos logaritmo natural a ambos miembros de la ecuación (2), obtenemos:

$$\ln DT = \ln (T_i - To) - kt \qquad (3)$$

La ecuación (3) indica que un grafico semilogarítmico de DT en función del tiempo linealiza la representación gráfica (pendiente –k y ordenada al origen ln (T_i – To)). Entonces, para analizar nuestros datos en el marco de la ley de enfriamiento de Newton, representamos en un nuevo gráfico (figura 3) el eje vertical de las temperaturas en escala logarítmica y mantenemos al eje de los tiempos en escala lineal.

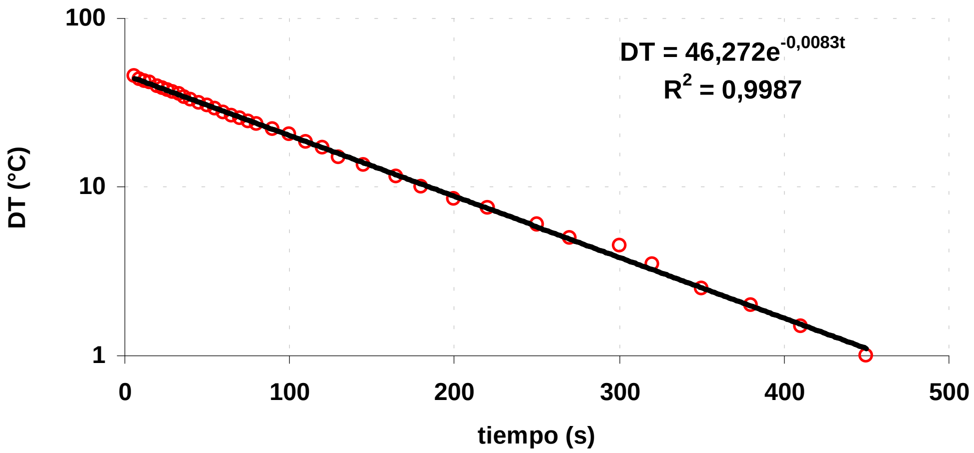

Figura 3 – Gráfico semilogarítmico de DT en función del tiempo.

Discusión

El gráfico semilogarítmico de la diferencia de temperatura en función del tiempo nos permitió encontrar la ecuación de la exponencial que queríamos verificar. Obteniendo un valor de $T_i - T_o \cong 46$ °C.

Por último, encontramos el valor de $k = 0{,}0083\ s^{-1}$, con el que obtenemos un “tiempo característico” τ para el enfriamiento del termómetro: $\tau = 1/k \Rightarrow \tau = 120$ s.

El parámetro τ nos da idea de la rapidez del enfriamiento.

Referencias

[1] S. Gil y E. Rodríguez, Guía de trabajo, Red Creativa de Ciencia, 2002.