



DEMOSTRACIÓN DE LA LEY DE NEWTON DEL ENFRIAMIENTO

INTEGRANTES DEL EQUIPO (EN ORDEN ALFABÉTICO POR APELLIDO)	NÚMERO DE CONTROL

Intención didáctica

Comprobar experimentalmente la ley de Newton del enfriamiento, para un caso de convección libre y un caso de convección forzada.

Antecedentes

Cuando un objeto se encuentra a una temperatura diferente que el medio circundante, existe una transferencia de calor entre ellos. Newton estudió este fenómeno (aunque las teorías de la época sobre el calor y la temperatura aún no estaban bien establecidas), llegando a la conclusión de que la rapidez con la que disminuye la temperatura de un objeto caliente es proporcional a la diferencia de temperatura entre el objeto y los alrededores. En términos matemáticos:

$$-\frac{dT}{dt} = k(T - T_{\infty})$$

donde T es la temperatura del objeto en cualquier tiempo t , T_{∞} es la temperatura del medio ambiente, y k es una constante con unidades de $(\text{tiempo})^{-1}$. Si la temperatura del objeto en $t=0$ es T_0 , la ecuación diferencial se puede resolver para obtener:

$$T = T_{\infty} + (T_0 - T_{\infty})e^{-kt}$$

Determinando la temperatura del objeto a diversos tiempos permite obtener una estimación de k .

Adicionalmente, si el objeto sólo pierde calor por convección, y su masa y propiedades físicas son constantes, se puede demostrar* que la constante k de la ley de Newton está relacionada con el coeficiente de transferencia de calor por convección h mediante la siguiente relación:

$$k = \frac{hA}{mc_p}$$

donde A es el área de transferencia de calor, m es la masa del objeto, y c_p es la capacidad calorífica del objeto.

En esta demostración, el objeto será un vaso con agua caliente, a la cual se le tomará la temperatura cada minuto. Se montarán dos vasos, uno que se dejará enfriar por convección libre, y el otro que se enfriará por convección forzada. Dado que los vasos son térmicos, se asumirá que la transferencia de calor ocurre únicamente a través de la superficie libre del agua. De hecho, parte de la transferencia de calor se debe a la evaporación del agua (enfriamiento por evaporación)

* Mediante un balance de energía aplicado al objeto. Los balances de energía se estudian en el siguiente curso, Balance de Momentum, Calor y Masa.



Materiales

- ★ Agua caliente
- ★ 2 vasos térmicos
- ★ Termómetro
- ★ Cronómetro

Indicaciones

1. Rotular dos vasos, uno para convección libre y el otro para convección forzada.
2. Llenar ambos con agua caliente (no hasta el borde).
3. Tomar la temperatura inicial del agua y comenzar a tomar el tiempo el cronómetro.
4. Uno de los vasos, el de convección forzada, debe colocarse en un lugar donde no haya corrientes de aire. El otro se tendrá en otro lugar, apartado del primero, y se le estará soplando o agitando el aire con algún objeto para crear convección forzada.
5. Cada cierto tiempo (se recomienda cada minuto o cada dos minutos) registrar la temperatura del agua y el tiempo que ha transcurrido. Se les recomienda tomar la temperatura de los vasos alternadamente.
6. Repetir el paso anterior hasta que varias temperaturas sean iguales o termine el tiempo de la clase.
7. Construir una gráfica con ambas series de temperatura, empleando el tiempo en minutos en el eje horizontal, para comparar la variación de temperatura cuando se aplicó convección forzada y cuando sólo hubo convección libre.
8. Con los datos de temperatura, obtener por regresión el valor de la constante k de la ley de Newton del enfriamiento para ambos casos.
9. OPCIONAL: Calcular el valor del coeficiente de transferencia de calor, en $W/m^2 \cdot K$, para ambos casos (recordar que se está asumiendo que el área de transferencia es sólo el área de la superficie libre del agua).

Indicaciones de seguridad

Tomar las debidas precauciones para el manejo del agua caliente.

Disposición de residuos

No se generan residuos peligrosos.

Evidencias entregables

El reporte de esta actividad puede ser elaborado en computadora, y lleva esta hoja de indicaciones como portada. A continuación, incluir una breve investigación bibliográfica sobre convección, la tabla con sus datos experimentales, su gráfica de temperaturas en función del tiempo, y su estimación de k (y h) y su conclusión grupal de la actividad.