

TRABAJO PRÁCTICO N° 12 CONDUCCIÓN DEL CALOR

Introducción

Los mecanismos de transferencia de calor son: CONDUCCIÓN
CONVECCIÓN
RADIACIÓN

El aparato con el que trabajaremos en este práctico nos facilitará analizar la **conducción**. Este tipo de transferencia de calor se refiere a sistemas en donde no se produce movimiento de materia; esto es válido por lo general para sólidos, aunque no se debe descartar en aquellos sistemas fluidos *que no presenten circulación de corrientes*.

En los procesos de conducción, el calor se transfiere desde el sistema con temperatura más alta al sistema de temperatura más baja. La cantidad de calor transferida, depende del medio que separa los sistemas o "medio de acoplamiento" de los sistemas y del tiempo que dura el proceso.

Las características más relevantes del medio de acoplamiento son sus dimensiones (espesor y área) y, particularmente, el tipo de material. Todo esto nos lleva a formular la ecuación que rige la conducción de calor:

$$H = \frac{k A \Delta T}{h} \quad (12.1)$$

Tenemos:

- H Cantidad de calor transferido a través del material en la unidad de tiempo $\frac{\Delta Q}{\Delta t}$
 ΔT Diferencia de temperaturas entre los sistemas acoplados.
A Área de transferencia de calor o área del medio de acoplamiento.
h Espesor del medio de acoplamiento.
k Conductividad térmica del material que constituye el medio de acoplamiento.

Los materiales con valores bajos de conductividad térmica son malos conductores del calor y, por consiguiente, buenos aislantes térmicos (por ejemplo poliestireno expandido). En cambio, los materiales con valores altos de conductividad térmica (por ejemplo los metálicos) son buenos conductores del calor, es decir buenos conductores térmicos.

Experimento 12.1

Conducción del Calor. Conductividad térmica.

Objetivo

Determinar la conductividad térmica de algunos materiales disponibles en placas para ensayo.

Equipamiento

Dispositivo de trabajo: aparato y accesorios, mostrados en la Fig. 12.1,

Caldera productora de vapor. Dos conductos de vapor (2 mangueras).

Cámara de vapor con soporte y pie.

Placas para ensayos; materiales: vidrio, madera de pino, aglomerado, yeso y lexan.

Cilindro de hielo en un molde.

Recipientes para coleccionar agua.

Balanza. Calibre y regla milimetrada.

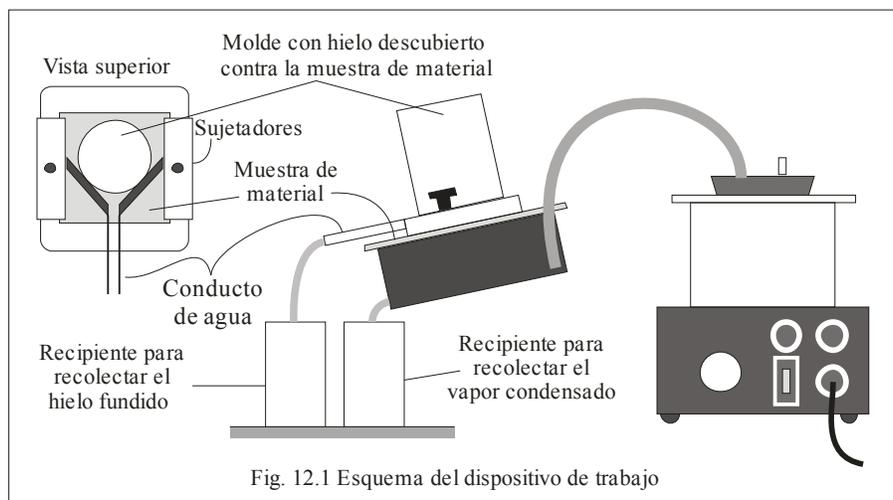


Fig. 12.1 Esquema del dispositivo de trabajo

Procedimiento

Examinar el aparato identificando el sistema de mayor temperatura (vapor de agua existente en la cámara de vapor), del sistema de menor temperatura (hielo en fusión mantenido en un molde cilíndrico) y el medio de acoplamiento (placa del material en ensayo).

Preparar la caldera de manera que proporcione vapor de agua.

Fijar la placa a la parte de la cámara de vapor destinada para ello. Conectar, a la salida inferior de la cámara, la manguera colectora del agua de condensación.

Cuando el agua de la caldera esté por hervir, colocar el molde con hielo bajo un chorro de agua y liberar el cilindro de hielo; el hielo libre es aquel que sale del molde con facilidad (no palanquear el hielo para retirarlo del molde). Medir el diámetro del cilindro de hielo (D_0).

En el momento en que el agua hierve el vapor comienza a salir de la caldera, en este instante conectar la cámara de vapor a la caldera utilizando una manguera.

La placa a ensayar tiene adosada en su parte superior un accesorio de neoprene, en forma de V, para coleccionar agua; este accesorio posee en su vértice una ranura por la cual debe circular el agua de la fusión del hielo. Colocar el hielo contenido en el molde sobre la muestra, cuidando que la ranura del molde coincida con la de la muestra; dejar los elementos del ensayo unos 5 minutos, con el fin de lograr estado estacionario del proceso. Mientras tanto pesar uno de los recipientes colectores, determinando la masa del recipiente seco (M_s).

Logrado estado estacionario del proceso, colocar el recipiente seco en la salida de la ranura de la muestra, coleccionando así el agua proveniente de la fusión de hielo. En este instante se inicia medición del tiempo.

Transcurridos 10 minutos finaliza el proceso; retirar el recipiente colector de agua y el molde de hielo.

Medir el diámetro del hielo que quedó en el molde (D_f) y pesar el recipiente con agua (M_a)

Cálculos y consideraciones

Si consideramos que el agua hierve en Mendoza a 98°C , y que el hielo encuentra su punto de fusión a 0°C , podemos decir que hemos conectado térmicamente dos sistemas (vapor-hielo) de temperaturas $T_v = 98^\circ\text{C}$ y $T_h = 0^\circ\text{C}$, utilizando como medio de acoplamiento la placa de material ensayada.

Como consecuencia de ello una masa de agua ($M_a - M_s$) ha pasado del estado sólido al líquido, absorbiendo una determinada cantidad de calor. Este calor ha sido transferido por conducción en 10 minutos. $\Delta t = 600$ s

¿Cuánto calor absorbió el proceso?

Si consideramos la definición de calor latente vemos:

Para que 1 kg de agua pase de estado sólido a líquido debemos entregarle:

$$L_f = 0,335 \cdot 10^6 \frac{\text{J}}{\text{kg}} \quad (12.2)$$

Obtuvimos $M = M_a - M_s$ masa de agua. Para el cambio de estado de esta masa, la cantidad de calor necesaria es: $\Delta Q = M L_f$.

El área A de conducción de calor es circular; se calcularla adoptando un diámetro promedio de los dos diámetros medidos del cilindro de hielo.

El valor h que aparece en la ecuación de la conducción del calor es el espesor de la placa ensayada. Determinarla usando el calibre.

Finalmente, podemos calcular la conductividad térmica k del material de la placa:

$$H = \frac{\Delta Q}{\Delta t} = \frac{k A \Delta T}{h} \quad (12.3)$$

Magnitudes y Unidades

Tiempo (t)	[s]
Masa (M)	[kg]
Calor (Q)	[J]
Temperatura (T)	[°C]
Área (A)	[m ²]
Espesor (h)	[m]

Confeccionar informe detallando valores medidos, valores calculados y resultado obtenido para cada uno de los materiales o placa ensayada.

TRABAJO PRÁCTICO N° 13 CALORIMETRÍA. CONVERTIDOR TERMOELÉCTRICO

Calorimetría

Introducción

Los calorímetros son aparatos que permiten medir energía en forma de calor y, aprovechando estas mediciones, determinar propiedades térmicas de sustancias y materiales en general.

En este trabajo usaremos el **calorímetro de mezclas**, que es el más simple y de fácil manejo; su principio de funcionamiento es el siguiente:

Cuando dos sistemas a diferente temperatura se introducen en un recinto adiabáticamente aislado, el de mayor temperatura cede cierta cantidad de calor y el de menor temperatura absorbe igual cantidad de manera que los sistemas alcanzan y quedan finalmente a la misma temperatura.

Un recinto que se aproxima al adiabático es un vaso **Dewar** o termo. En nuestro caso usaremos un vaso de telgopor (poliestireno expandido).

Operación básica

Sistema 1: Lo constituye una masa M_s de material bajo estudio de calor específico C_s , a temperatura T_s , generalmente superior a la temperatura ambiente. Inicialmente se encuentra fuera del recinto adiabático.

Sistema 2: Lo constituye una masa M_a de agua pura, de calor específico $C_a = 4180 \text{ J/kg}$ y temperatura inicial T_i (generalmente igual o inferior a la temperatura ambiente), contenida en un recipiente denominado vaso calorimétrico.

Se introduce en el vaso calorimétrico el sistema 1 y se agita ligeramente el agua con la punta termométrica hasta que se alcanza una temperatura final estable T_f . $T_s > T_f > T_i$.

La disminución de temperatura que experimenta el sistema 1 significa que el mismo ha cedido una cantidad de calor:

$$Q = M_s c_s (T_s - T_f) \quad (13.1)$$

Esta misma cantidad de calor ha sido absorbida por el agua y como su temperatura se elevó a T_f , podemos expresar:

$$Q = M_a c_a (T_f - T_i) \quad (13.2)$$

Si no hubo fugas térmicas estas cantidades son iguales:

$$M_s c_s (T_s - T_f) = M_a c_a (T_f - T_i) \quad (13.3)$$

Experiencia 13.1

Determinación del calor específico de algunos metales

Procedimiento:

Pesar las muestras de cobre, aluminio y plomo de masas próximas a 200 gr.

Calentar las muestras introduciéndolas suspendidas de un cordel plástico en un recipiente con agua hirviendo. Se alcanza así una temperatura T_s , de alrededor de 98°C , que medimos con la punta termométrica de un instrumento digital.

Pesar el vaso calorimétrico limpio y seco.

Llenar aproximadamente hasta la mitad con agua pura y lo pesamos nuevamente para obtener la masa de agua incorporada por diferencia de pesadas.

Medir la temperatura del agua T_i . Conviene que sea alrededor de 10°C inferior a la temperatura ambiente.

Sacar la muestra del recipiente con agua hirviendo e introducirla rápidamente en el vaso. La muestra debe quedar totalmente sumergida.

Se agita suavemente con la punta termométrica controlando el calentamiento del agua. La temperatura del agua aumentará hasta alcanzar un valor máximo y empezará a decaer lentamente. Esta temperatura máxima se registra, es T_f , y será algunos grados superior a T_i .

La razón de comenzar la operación de mezcla con el agua a temperatura inferior a la del ambiente es minimizar los errores provenientes de las fugas térmicas. Si el proceso de mezcla empieza a temperatura inferior a la del ambiente y termina a temperatura superior, durante el lapso en que la temperatura del agua es inferior, entrará calor espurio desde el medio ambiente y saldrá del calorímetro hacia el ambiente durante la parte final del proceso. De esta manera las fugas tienden a cancelarse, disminuyendo el error. El calor específico del material ensayado resulta:

$$c_s = \frac{M_a c_a (T_f - T_i)}{M_s (T_s - T_f)} \quad (13.4)$$

Experiencia 13.2

Determinación del calor de fusión del hielo (L_f)

Procedimiento:

El sistema 2 es una masa de agua que contiene el vaso calorimétrico hasta aproximadamente la mitad y se encuentra algunos grados por encima de la temperatura ambiente.

Determinar la masa de agua por diferencia de pesadas.

Medir la temperatura inicial del agua: T_i

El sistema 1 es un trozo de hielo que agregamos al vaso.

Agregar el hielo, agitar suavemente el contenido del vaso con la punta termométrica hasta que el hielo se funda. Registrar la temperatura final. Ésta será algo inferior a la del ambiente y su evolución presentará un mínimo, que es el valor que tomaremos como temperatura final de equilibrio: T_f

Determinación de la masa de hielo: realizar al final del proceso por diferencia de pesadas.

Cálculos

Balance Térmico

Calor cedido por el sistema 2:

$$Q = M_a c_a (T_i - T_f) \quad (13.5)$$

Calor absorbido por el sistema 1:

Para fundir el hielo (Se supone que el hielo estaba a 0°C):

$$Q' = M_h L_f \quad (13.6)$$

Para calentar el agua de fusión:

$$Q'' = M_h c_a (T_f - 0) \quad (13.7)$$

Despreciando las fugas resulta:

$$Q = Q' + Q'' \quad (13.8)$$

Finalmente:

$$L_f = \frac{M_a c_a (T_i - T_f)}{M_h} - c_a T_f \quad (13.9)$$

Experiencia 13.3

Determinación del calor específico del agua

Introducción

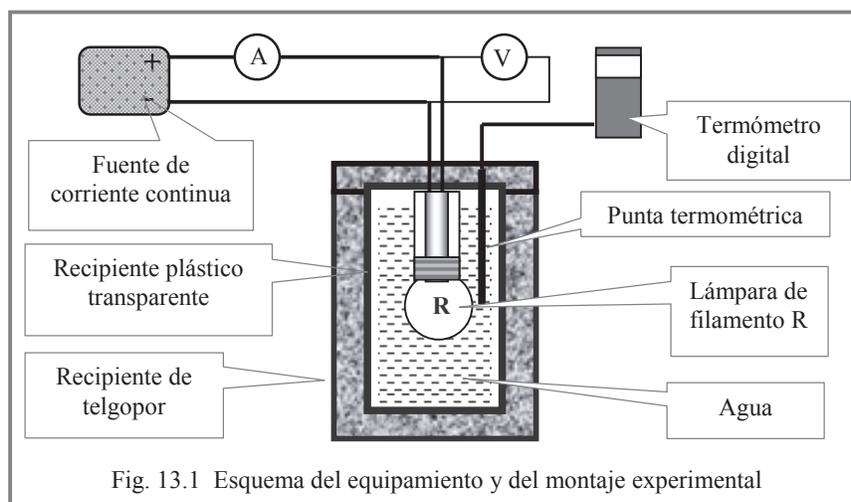
La determinación se hace suministrando una cantidad medible de energía a una masa conocida de agua y midiendo el incremento de temperatura producido por la incorporación al sistema de dicha energía.

Incorporamos energía suministrada por una fuente eléctrica y recibida por una resistencia **R** en contacto térmico con la masa de agua. La energía eléctrica se convierte en calor en la resistencia y este calor es absorbido por el agua incrementando su temperatura.

La resistencia **R** es la del filamento de una lámpara incandescente de 12 V sumergida en el agua contenida en un vaso de material plástico transparente. Este vaso tiene un enrase que marca la cantidad de agua a utilizar. El zócalo de la lámpara tiene una adecuada aislación eléctrica.

Para evitar la fuga de energía en forma de radiación luminosa se agregan al agua diez gotas de tinta china y se introduce el vaso en un recipiente con aislamiento térmico, de telgopor.

La masa de agua se calcula por diferencia de pesadas entre el vaso vacío, limpio y seco y el vaso con agua hasta el enrase.



Parte del calor producido por el filamento es absorbido por la ampolla, el porta foco, el soporte y el vaso de plástico y debe tomarse en cuenta en los cálculos. **En nuestro equipo** el calor absorbido por estos elementos es equivalente al que absorbería una masa de 23 gr de agua, que debe por tanto sumarse a la masa real de agua incorporada al vaso.

La energía eléctrica suministrada se determina con voltímetro (V), amperímetro (I) y cronómetro (Δt).

Cálculos
Balance de energía
Energía eléctrica suministrada:

$$W = V I \Delta t \quad (13.10)$$

Energía térmica absorbida:

$$Q = (M_a + 0,023 \text{ kg}) c_a (T_f - T_i) \quad (13.11)$$

Despreciando las fugas térmicas:

$$W = Q \quad (13.12)$$

De donde obtenemos:

$$c_a = \frac{V I \Delta t}{(M_a + 0.023 \text{ kg})(T_f - T_i)} \quad (13.14)$$

Al igual que procedimos en las otras calorimetrías, conviene comenzar el ensayo con una temperatura alrededor de diez grados inferior a la del ambiente y finalizar unos diez grados por encima de la temperatura ambiente.

Experiencia 13.4

Eficiencia lumínica de una lámpara incandescente

Procedimiento:

Repetimos la experiencia 13.3 pero sin el agregado de la tinta y sin colocar el vaso de material plástico transparente en el recipiente de telgopor, de forma que hay emisión de radiación luminosa al medio exterior. Esta es la única energía que sale del vaso por cuanto la radiación térmica (infrarrojo) es absorbida por el agua.

Si llamamos R_L a la energía luminosa radiada y Q a la energía térmica absorbida por el agua, el balance energético es:

$$W = Q + R_L \quad (13.15)$$

Llamamos eficiencia o rendimiento luminoso a la relación entre la energía luminosa producida por la lámpara y la energía eléctrica consumida:

$$\eta = \frac{R_L}{W} = \frac{W - Q}{W} \quad (13.16)$$

o su expresión porcentual:

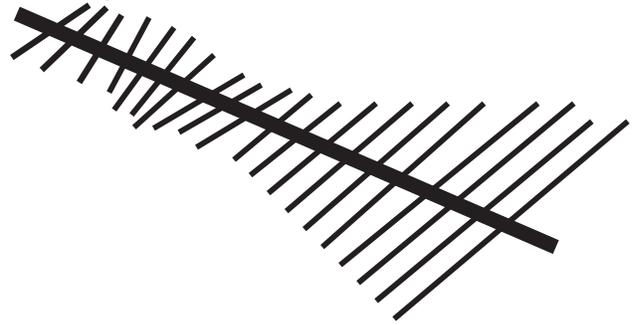
$$\eta(\%) = 100 \frac{W - Q}{W} = 100 \frac{V I \Delta t - 4180 \frac{\text{J}}{\text{kg}} (M_a + 0.023 \text{ kg}) \cdot (T_f - T_i)}{V I \Delta t} \quad (13.17)$$

EXPERIENCIA DE LABORATORIO Nº 5

EXPERIMENTO 'A': ONDAS

Experiencias con aparato de varillas

- b) Visualizar ondas transversales y longitudinales mandando pulsos perpendiculares y paralelos al eje del equipo.
- c) Dé 2 pulsos transversales: uno grande y uno pequeño, y compare las velocidades. Estime los valores de λ y v para estos pulsos usando regla y cronómetro. Responda:
¿el valor de v depende del tipo de pulso?
Si adosamos algunas varillas más, ¿varía el valor de v ? ¿Cuál sería la causa?
- d) Fije un extremo y observe ondas reflejadas comparando v incidente y reflejado.
- e) Produzca interferencia de dos ondas dando pulsos transversales (de igual o distinto sentido) en ambos extremos al mismo tiempo. Observe qué ocurre en el centro.
- f) Produzca ondas estacionarias con pulsos periódicos transversales y ubique los nodos (varillas quietas) y antinodos (varillas que más se apartan).
- g) “Una” los 2 conjuntos de varillas cortas y largas (con el conjunto de largo variable de por medio), y observe la velocidad v en cada una ¿cuál es la causa? ¿de qué depende v ?
- h) Con los 2 conjuntos “unidos” mande pulsos y observe la reflexión y la transmisión. Compare los tiempos en cada parte y estime λ .



EXPERIMENTO 'B': ONDAS DE SONIDO

1) Práctica con el osciloscopio.

- a) Si conectamos un micrófono a un osciloscopio podemos visualizar la onda de sonido como una onda electromagnética, donde sus elementos son iguales: amplitud, frecuencia, velocidad, ondas componentes.
- Escuchemos algunos sonidos y observemos estos elementos en la onda reproducida:
1. Sonido agudo y sonido grave producido por un mismo alumno
 2. Sonido poco intenso y muy intenso del mismo alumno
 3. El mismo sonido emitido por 2 alumnos
 4. Sonido de un diapasón y el mismo sonido emitido por un alumno
- ¿Qué elementos permanecen fijos en cada par y cuáles varían?
¿De qué elemento depende el tono de cada sonido?
¿De qué elemento depende la intensidad de cada sonido?
En 3. y 4. ¿hay elementos iguales? ¿Son las gráficas iguales?
- b) Observemos las gráficas de los siguientes:
1. Voz de hombre y voz de mujer
 2. Voz normal y grito de un mismo alumno

3. Canto de dos alumnos
4. Bullicio de varios alumnos
5. Sonido de un diapasón.
6. Un sonido emitido por la computadora
7. Un timbre de teléfono.

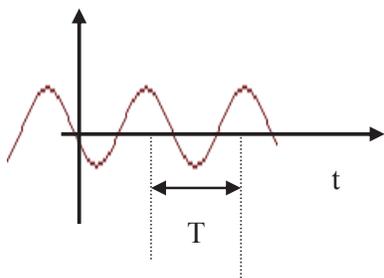
La gráfica de un sonido simple o fundamental es similar a la de la función $y = \text{sen}x$

La gráfica de un sonido complejo resulta de sumar valores de funciones: $\text{sen} mx$ y $\text{cos} mx$ o armónicos. ($m = 1, 2, 3, \dots$).

Analice en los anteriores ordenándolos de simple a complejo.

2) Practica con sintetizador de Fourier:

- a) Este aparato emite sonidos cuyas gráficas son ondas armónicas (seno o coseno)
Observe la gráfica de un sonido emitido y modifique sus variables: amplitud, frecuencia, agregue armónicos regulares, agregue armónicos irregulares.
- b) Acople 2, 3, 4... sonidos y observe las características de la onda.
- c) Emite un sonido y calcule f a partir del valor del período T obtenido de la gráfica del osciloscopio y compare con los valores, según el fabricante, múltiplos de 440Hz.



$$T = n \cdot e$$

n : número de divisiones en pantalla.

e (escala) : n° de seg/div (perilla de tiempo)

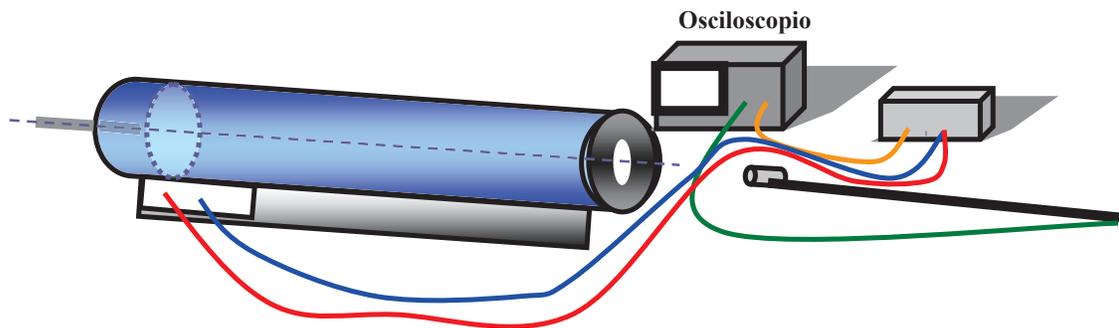
$$\Delta T = \Delta n \cdot e + n \cdot \Delta e \cong \Delta n \cdot e$$

$$f = f + \Delta f$$

$$f = 1/T \Rightarrow \Delta f = \Delta T/T^2$$

3) Práctica en TUBO DE KUNDT: “Determinación de la velocidad del sonido”

- a) Conecte el micrófono al osciloscopio e introdúzcalo en el tubo de Kundt por el extremo que tiene un orificio. (Este tubo está conectado a un generador de ondas, y en el otro extremo tiene un émbolo o pistón que puede desplazarse a lo largo del mismo variando su longitud y convirtiéndolo en abierto o cerrado), produciendo así ondas de sonido estacionarias.
- b) Coloque la velocidad de barrido en el osciloscopio en 5 ms/div y la ganancia en el canal 1 de 5 mV/div. Para el generador de onda continua, coloque una frecuencia de salida de 100Hz.



- c) Trabaje con el tubo cerrado, ubicando el pistón en el extremo libre.

