

# TEMPERATURA Y EXPANSIÓN TÉRMICA

Fís. Carlos Adrián Jiménez Carballo  
Escuela de Física  
Instituto Tecnológico de Costa Rica

## Objetivos

Al finalizar esta sección el estudiante deberá ser capaz de

- Interpretar el concepto de temperatura.
- Interpretar la Ley cero de la termodinámica.
- Identificar distintos instrumentos que sirven para medir temperatura.
- Identificar las distintas escalas de temperatura.
- Conocer el concepto de dilatación térmica.
- Solucionar problemas relacionados con la dilatación térmica de sólidos y líquidos.

## Conocimientos previos

Para esta sección los estudiantes deben tener conocimientos previos en

- Matemática básica.
- Cálculo diferencial, principalmente los conceptos de derivada e integral
- Física general, principalmente los conceptos de mecánica clásica, como por ejemplo las leyes de newton, los conceptos de posición, distancia, velocidad y aceleración, las definiciones de energía cinética, energía potencial y energía mecánica.

# Contenido

Temperatura y equilibrio térmico

Escalas de Temperatura

Dispositivos utilizados para medir temperaturas

Expansión térmica

Problemas expansión térmica

# Contenido

Temperatura y equilibrio térmico

Escalas de Temperatura

Dispositivos utilizados para medir temperaturas

Expansión térmica

Problemas expansión térmica

# Temperatura

La **temperatura** es una cantidad física que nos indica si un cuerpo *caliente* o *frio* basados en nuestro sentido del tacto. Es una cantidad física escalar que también se relaciona con la energía interna de un sistema.

Una definición operacional de la temperatura es decir que ella es la cantidad física de lo que se mide con un termómetro.

Una definición alternativa es decir que la temperatura es aquella “cosa” la cual es la misma para dos objetos después de que ellos han estado en contacto por mucho tiempo.

Muchas propiedades de la materia que podemos medir dependen de la temperatura como la longitud de una barra de metal, la presión de vapor en una caldera, la capacidad de un alambre para conducir corriente eléctrica y el color de un objeto brillante muy caliente.

## Equilibrio Térmico

Después de que dos objetos han estado mucho tiempo en contacto se dice que ellos están en **equilibrio térmico**.

El equilibrio térmico entre dos objetos a diferente temperatura, los cuales se ponen en contacto se alcanza cuando ambos cuerpos alcanzan una temperatura común.

## Aislantes y conductores térmicos

Si dos sistemas están separados por un material **aislante** como madera, espuma de plástico o fibra de vidrio, se afectan mutuamente con más lentitud

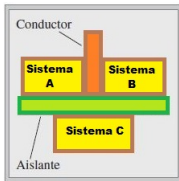
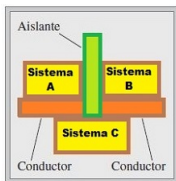
Un **aislante ideal** es un material que no permite la interacción entre los dos sistemas; evita que alcancen el equilibrio térmico si no estaban en él inicialmente.

Los aislantes ideales son una idealización. Los aislantes reales, como los de las hieleras, no son ideales, así que finalmente su contenido se calentará.

Un conductor térmico es un material que permite la interacción térmica entre dos o más sistemas.



## Ley cero de la termodinámica



La **ley cero de la termodinámica** dice que si inicialmente un sistema  $C$  está en equilibrio térmico con un sistema  $A$  y con otro sistema  $B$ , entonces  $A$  y  $B$  también están en equilibrio térmico entre sí.

Recordando que dos sistemas están en equilibrio térmico si y sólo si tienen la misma temperatura, de acuerdo a la figura  $A$  y  $B$  di están en equilibrio térmico pues están separados por un aislante, mientras que el sistema  $C$  no alcanza el equilibrio térmico con  $A$  y  $B$  pues está separado por un aislante de estos.

# Contenido

Temperatura y equilibrio térmico

Escalas de Temperatura

Dispositivos utilizados para medir temperaturas

Expansión térmica

Problemas expansión térmica

## Escala Celsius

La **escala Celsius** se basa en el punto de fusión del agua ( $0^{\circ}\text{C}$ ) y en el punto de ebullición del agua ( $100^{\circ}\text{C}$ ), donde un grado se define como la centésima parte entre las distancias de dichos puntos. Fue establecida por Anders Celsius en el año de 1742. Esta escala es la que más se utiliza en la vida cotidiana en casi todo el mundo.

## Escala Fahrenheit

La **escala Fahrenheit** se estableció en base a cuatro puntos de referencia. El primero se obtuvo imitando la temperatura más baja del invierno con una mezcla de hielo, sal común y cloruro amónico. En base a dicha referencia se definió el cero de dicha escala. El segundo punto de referencia se fijó introduciendo el termómetro en una mezcla de hielo y agua. La distancia entre los marcas de los dos puntos de referencia se dividió en 32 partes. Para comprobar si dicha escala funcionaba se escogieron otros dos puntos: la temperatura del cuerpo humano, que en su escala se encontraba a  $98^{\circ}\text{F}$ ; y el punto de ebullición del agua, a  $212^{\circ}\text{F}$ .

Dicha escala debe su nombre al holandés Daniel Gabriel Fahrenheit. Su uso más común se da en Estados Unidos

La escala Fahrenheit se puede relacionar con la escala Celsius de la siguiente manera

$$T_F = \frac{9}{5} T_C + 32.$$

## Escala Kelvin

La **escala Kelvin** se basa en el punto de congelamiento absoluto el cual se da a  $-273,15^{\circ}\text{C}$ , y temperatura a la cual no existe movimiento de las partículas (aunque la mecánica cuántica establece una energía mínima de reposo de las partículas) y donde la presión de la sustancia es cero.

La escala Kelvin es la escala utilizada por el SI en la cual la unidad básica es el Kelvin. La escala Kelvin fue establecida por el físico inglés William Thomson Kelvin en el año de 1848.

La escala Kelvin se puede relacionar con la escala Celsius de la siguiente manera

$$T_K = T_C + 273,15$$

# Contenido

Temperatura y equilibrio térmico

Escalas de Temperatura

Dispositivos utilizados para medir temperaturas

Expansión térmica

Problemas expansión térmica

## Termómetro

La temperatura suele medirse con un **termómetro**, el cuál es un dispositivo que aprovecha alguna propiedad de una sustancia que cambia con la temperatura, como por ejemplo las dimensiones o el volumen

Un termómetro común es el de un líquido en vidrio, el cual se basa en la expansión térmica de dicho líquido. El mercurio y el alcohol son los líquidos más utilizados en dichos termómetros. Por otro lado se eligen estas sustancias por su expansión térmica relativamente grande y porque permanecen líquidos en los intervalos de temperatura normales.



Los termómetros se calibran de manera que se pueda asignar un valor numérico a una temperatura dada. Para definir cualquier escala o unidad estándar de temperatura, se requieren al menos dos puntos de referencia fijos.

## Otros dispositivos utilizados para medir temperaturas

- **Termopar:** es un instrumento que mide la temperatura basado en efectos termoeléctricos. Es un instrumento formado por dos metales diferentes los cuales se encuentran a diferentes temperaturas y lo que se detecta es una diferencia de voltaje. Algunos tipos de termopar son: tipo K (Cromel (aleación de Ni-Cr) / Alumel (aleación de Ni-Al)), tipo E (Cromel / Constantán (aleación de Cu-Ni)), tipo J (Hierro / Constantán), tipo T (Cobre / Constantán)
- **Termistor:** es un instrumento el cual basa su funcionamiento en la variación de la resistividad que presenta un semiconductor con la temperatura. Existen dos tipos de termistor: NTC (Negative Temperature Coefficient) y coeficiente de temperatura negativo PTC (Positive Temperature Coefficient) – coeficiente de temperatura positivo.



# Contenido

Temperatura y equilibrio térmico

Escalas de Temperatura

Dispositivos utilizados para medir temperaturas

**Expansión térmica**

Problemas expansión térmica

## Expansión térmica

Casi todos los materiales se modifican sus dimensiones al variar su temperatura, dicho fenómeno se conoce como **expansión térmica** la cual se debe a que al aumentar la temperatura aumenta la velocidad de las partículas internas del material, por lo que la distancia de separación entre ellas se vuelve mayor. Un aumento en la temperatura hace:

- Que el líquido se expanda en los termómetros de líquido en un tubo
- Que las tiras bimetálicas se doblen.
- Las cubiertas de puentes necesitan articulaciones y soportes especiales que den margen a la expansión.
- Una botella totalmente llena de agua y tapada se revienta al calentarse
- Podemos aflojar la tapa metálica de un frasco vertiendo agua caliente sobre ella

## Expansión térmica lineal

El cambio en una dimensión de un sólido (longitud, anchura o espesor) se denomina **expansión lineal**. Considere el caso de un objeto de una sola dimensión, como una varilla de longitud inicial  $L_0$  a una temperatura inicial  $T_0$ . Suponga que ahora dicha varilla se calienta (o se enfría) hasta una temperatura final  $T$ , a la cual la varilla alcanza una nueva longitud  $L$ , el cambio de longitud de la varilla se determina

$$\Delta L = L - L_0 = \alpha L_0 (T - T_0),$$

donde  $\alpha$  se define como el coeficiente de expansión lineal, tiene unidades de  $1/^\circ\text{C}$  ( $1/K$ ) y es una constante que depende exclusivamente del material que se este expandiendo

## Coeficientes de expansión térmica lineal

Material	$\alpha$ [ $\text{K}^{-1}$ o $(^\circ\text{C})^{-1}$ ]
Aluminio	$2,4 \times 10^{-5}$
Latón	$2,0 \times 10^{-5}$
Cobre	$1,7 \times 10^{-5}$
Vidrio	$0,4 - 0,9 \times 10^{-5}$
Invar (aleación níquel-hierro)	$0,09 \times 10^{-5}$
Cuarzo (fundido)	$0,04 \times 10^{-5}$
Acero	$1,2 \times 10^{-5}$

## Materiales Isotrópicos

Los **materiales isotrópicos** son aquellos materiales los cuales tienen las mismas propiedades físicas en todas direcciones. Por ejemplo los metales se expanden de igual manera en todas direcciones y conducen electricidad de igual manera en todas direcciones

## Expansión térmica superficial

El cambio en en el área de un sólido se denomina **expansión superficial**. Considere el caso de un objeto con una superficie inicial  $A_0$  a una temperatura inicial  $T_0$ . Suponga que ahora dicho objeto se calienta (o se enfría) hasta una temperatura final  $T$ , a la cual alcanza un nuevo tamaño de superficie  $A$ , el cambio de área que experimenta el objeto se determina

$$\Delta A = A - A_0 = \gamma A_0 (T - T_0),$$

donde  $\gamma$  se define como el coeficiente de expansión superficial, tiene unidades de  $1/^\circ\text{C}$  ( $1/K$ ) y es una constante que depende exclusivamente del material que se este expandiendo. Para el caso de una material isotrópico

$$\gamma = 2\alpha$$

## Expansión térmica volumétrica

El cambio en el área de un sólido se denomina **expansión volumétrica**. Considere el caso de un objeto con volumen inicial  $V_0$  a una temperatura inicial  $T_0$ . Suponga que ahora dicho objeto se calienta (o se enfría) hasta una temperatura final  $T$ , en la cual el objeto alcanza un nuevo volumen  $V$ . Se define el cambio de volumen del material como:

$$\Delta V = V - V_0 = \beta V_0 (T - T_0),$$

donde  $\beta$  se define como el coeficiente de expansión volumétrico, tiene unidades de  $1/^\circ\text{C}$  ( $1/K$ ) y es una constante que depende exclusivamente del material que se este expandiendo. Para materiales isotrópicos como los metales  $\beta = 3\alpha$

## Coeficiente de expansión volumétrica

Material	$\beta$ [ $\text{K}^{-1}$ o $(^\circ\text{C})^{-1}$ ]
Aluminio	$7,2 \times 10^{-5}$
Latón	$6,0 \times 10^{-5}$
Cobre	$5,1 \times 10^{-5}$
Vidrio	$1,2 - 2,7 \times 10^{-5}$
Invar (aleación níquel-hierro)	$0,27 \times 10^{-5}$
Cuarzo (fundido)	$0,12 \times 10^{-5}$
Acero	$3,6 \times 10^{-5}$



## Coeficiente de expansión volumétrica

Material	$\beta$ [ $\text{K}^{-1}$ o $(^\circ\text{C})^{-1}$ ]
Etanol	$75 \times 10^{-5}$
Disulfuro de carbono	$115 \times 10^{-5}$
Glicerina	$49 \times 10^{-5}$
Mercurio	$18 \times 10^{-5}$

## Formulas examen: expansión térmica

$$\Delta L = \alpha L_0 \Delta T$$

$$\Delta A = \gamma A_0 \Delta T$$

$$\Delta V = \beta V_0 \Delta T$$

**Todas las fórmulas que no aparecen aquí deben ser demostradas en el examen**

## Bibliografía

- Sears, F.W., Zemansky, M.W., Young, H.D., Freedman, R.A. (2013). *Física Universitaria*. Volumen I. Décimo tercera edición. México: Pearson Education.
- Resnick, R., Halliday, D., Krane, K. (2013). *Física*. Volumen I. Quinta edición. México: Grupo Editorial Patria.
- Serway, R.A. y Jewett, J.W. (2008). *Física Para Ciencias e Ingeniería*. Volumen I. Sétima edición. México: Cengage Learning Editores S.A. de C.V.

## Créditos

- Vicerrectoría de Docencia
- CEDA - TEC Digital
- Proyecto de Virtualización 2016-2017
- Física General III
- Fís. Carlos Adrián Jiménez Carballo (profesor)
- Ing. Paula Morales Rodríguez (coordinadora de diseño)
- Andrés Salazar Trejos (Asistente)