

Universidad de Chile
Facultad de Arquitectura y Urbanismo
Escuela de Geografía

Asignatura **FISICA**
Nivel Primer Semestre
Carrera Geografía
Profesor M.E.Humeres
Apoyo Docente

TEMPERATURA y DILATACION

Toda la materia está compuesta de átomos y moléculas en constante movimiento. El que los átomos y moléculas se combinen para formar sólidos, líquidos gases o plasma , depende de la rapidez de las vibraciones moleculares. En este capítulo se estudiarán los efectos del movimiento caótico y aleatorio de los átomos y moléculas, lo que se denomina movimiento térmico. Se comienza por considerar aquello que un cuerpo posee en virtud de este movimiento energético: **la energía térmica**

La energía térmica tiene que ver con todos los aspectos de la vida diaria, desde cocinar los alimentos hasta calentarse los pies. Las moléculas de las sustancias están en constante actividad, efectuando cierta forma de movimiento vibratorio oscilante .Mientras mayor sea esta energía cinética molecular aleatoria en una sustancia , más caliente se encontrará ésta. Cuando se golpea un trozo de metal con un martillo, por ejemplo, el metal se calienta (así como el martillo) . Esto se debe a que el impacto del martillo hacen que las moléculas del metal se muevan más aprisa. Después , conforme las moléculas de la sustancia reducen su actividad al ceder parte de su energía al aire o medio circundante, el metal se enfría de nuevo.

Todavía en el siglo XVIII, no se contaba con una forma de medir con exactitud lo caliente o frío de un cuerpo. Un médico estimaba cuánta fiebre tenían sus pacientes tocándoles la frente; un panadero estimaba lo caliente de su horno por el color de las brasas. Lo riguroso del frío invernal se determinaba por el espesor del hielo en los estanques congelados. Era necesaria una forma exacta de describir lo caliente y frío de las cosas.

Temperatura.

Cuando se toca una estufa caliente, la energía térmica penetra a la mano porque la estufa está más caliente que la mano. En cambio cuando se toca un trozo de hielo, la energía térmica pasa de la mano hacia el hielo, más frío.. En tales circunstancias la dirección de la transferencia de energía es siempre de un cuerpo caliente a uno vecino , más frío. La cantidad que expresa cuán caliente o frío es algo respecto de un cuerpo patrón se denomina **temperatura** . Se dice que la temperatura es una medida del movimiento aleatorio de traslación de los átomos y moléculas de un cuerpo; en forma más específica, es una medida de la energía cinética promedio de los átomos y moléculas de un cuerpo. Se sabe por ejemplo ,que hay el doble de energía térmica en dos litros de agua en ebullición que en uno,

porque en estas condiciones dos litros fundirán dos veces más hielo que un litro. Pero las temperaturas de ambas cantidades de agua son las mismas, dado que la energía cinética promedio de las moléculas en cada caso es la misma. Así vemos que existe una diferencia entre la energía térmica, la cual se mide en joules, y la temperatura, que se mide en grados.

Termometría .

En general, cuando la temperatura de un pedazo de una sustancia cambia, pueden ocurrir varias cosas. Esa sustancia puede experimentar variaciones en su tamaño y en sus propiedades eléctricas, magnéticas u ópticas y es posible emplear alguno de tales cambios para detectar y medir el cambio en temperatura. En la mayoría de los casos el más sencillo de emplear es el cambio en dimensiones. Casi todos los materiales se dilatan cuando se eleva su temperatura, y se contraen cuando ésta desciende.

Un **termómetro** es un instrumento común que mide la temperatura por medio de la dilatación y contracción de un líquido, por lo general mercurio o alcohol coloreado. Para establecer la escala de un termómetro, se asigna el número 0 a la temperatura a la cual se congela el agua y el número 100 a la temperatura a la cual ésta hierve (a la presión atmosférica normal) . El espacio entre estos dos valores se divide en 100 partes iguales, denominadas grados; en consecuencia, un termómetro calibrado de esta forma recibe el nombre de termómetro centígrado. Ahora se le denomina termómetro Celsius, en honor al astrónomo sueco Anders Celsius, quien fue el primero en sugerir la escala.

En los países de habla inglesa se asigna el número 32 a la temperatura a la cual se congela el agua, y el número 212 a la temperatura a la que ésta hierve. Tal escala constituye el termómetro Fahrenheit, denominado así en honor a su creador, el físico alemán G.D. Fahrenheit. Esta escala está cayendo en desuso, y será así definitivamente cuando los países sajones adopten el sistema métrico

Para temperaturas menores que el punto de congelación del agua y superiores al punto de ebullición de la misma se pueden prolongar las escalas empleando los intervalos espaciados uniformemente Sin embargo los termómetro ordinarios sólo se pueden usar dentro de determinados límites de temperatura, a causa de sus propias limitaciones; por ejemplo el mercurio de un termómetro se solidifica a determinada temperatura, debajo de la cual el termómetro es inútil. También es inútil en temperaturas superiores a la de ebullición del fluido. para temperaturas muy bajas o muy altas se necesitan termómetros especializados.

Toda temperatura en la escala Celsius corresponde a determinada temperatura en la escala Fahrenheit. es fácil pasar de una escala a otra si se recuerda que 0°C corresponde a 32°F y que un intervalo de 100° en la escala Celsius, corresponde a uno de 180° escala Fahrenheit. Así, un grado Fahrenheit (1°F) corresponde a $100/180 = 5/9$ de un grado Celsius (1°C). Esto es $1^{\circ}\text{F} = 5/9^{\circ}\text{C}$. La conversión entre las dos escalas de temperatura se puede definir como

$$T(^{\circ}\text{C}) = \frac{5}{9}[T(^{\circ}\text{F}) - 32] \quad \bullet \quad T(^{\circ}\text{F}) = \frac{9}{5}T(^{\circ}\text{C}) + 32$$

La escala de temperatura que emplean los científicos es la Kelvin, en la cual se asigna el número 0 a la temperatura más baja posible, a la que una sustancia carece en absoluto de energía térmica que ceder : **el cero absoluto** . En la escala Celsius, el cero absoluto

corresponde a $-273\text{ }^{\circ}\text{C}$. Los grados de la escala Kelvin son del mismo “tamaño” que los de la escala Celsius, por lo que la temperatura de fusión del hielo es de $+273$ Kelvins (**no** grados Kelvin). No hay números negativos en la escala Kelvin. Esta escala a menudo se denomina escala **termodinámica**.

Dilatación Térmica.

Cuando se incrementa la temperatura de una sustancia sus moléculas se mueven más aprisa. Los choques de mayor energía entre las moléculas las fuerzan a alejarse más entre sí, dando por resultado una dilatación de la sustancia. En general, todas las formas de la materia – sólidos, líquidos ,gases y plasma- se dilatan cuando se les calienta y se contraen cuando se les enfría .

En muchos casos los cambios de tamaño de los objetos no son muy notorios, pero suelen ser detectables con una cuidadosa observación .Los alambres telefónicos son más largos y cuelgan más en los días calurosos del verano que en los días fríos del invierno. Las tapas metálicas de los frascos de vidrio para conservas , a menudo se pueden aflojar con agua caliente. Si una parte de un trozo de vidrio se calienta o se enfría más rápido que las partes adyacentes, la dilatación o contracción resultantes pueden romper el vidrio. Esto es especialmente cierto en el caso de vidrios de mucho espesor. El vidrio pirex se elabora en una forma especial a fin de que se dilate muy poco al incrementarse la temperatura.

Los líquidos se dilatan en forma apreciable con los incrementos de temperatura. Cuando se llena el estanque de gasolina de un auto en una estación de servicio y luego se le estaciona, el combustible a menudo se derrama después de estar alojado en el estanque durante un cierto tiempo. Esto se debe a que la gasolina está fría al extraerse del depósito bajo tierra; cuando se deposita en el estanque del auto , adquiere la temperatura de éste. Cuando la gasolina se calienta, se dilata.; su volumen se incrementa y el estanque se rebalsa. De manera similar , un radiador de automóvil al que se le llena hasta el borde con agua fría, se rebalsa cuando se calienta.

Los gases se dilatan aún más cuando se les calienta. Cuando se sostiene un globo lleno de aire sobre una estufa caliente se advierte que aumenta de tamaño; esto se debe a que el aire del interior se dilata al aumentar la temperatura.

Las diferentes sustancias se dilatan en diferentes grados. En la mayoría de los casos, la dilatación de los líquidos es mayor que la de los sólidos. Una evidencia de esto es el caso de la gasolina que se derrama en el estanque del automóvil en un día caluroso. Si el estanque se dilatará en la misma proporción, tanto el estanque como el contenido se dilatarían lo mismo y no habría derrame. De manera similar ,si la dilatación del vidrio de un termómetro ocurriera en la misma medida que la del mercurio, éste no ascendería al aumentar la temperatura. El mercurio de un termómetro sube con la temperatura en ascenso porque la dilatación del mercurio líquido es mayor que la del vidrio.

Como ya se dijo, la mayor parte de las sustancias se expanden o dilatan cuando se calientan y se contraen cuando se enfrían. Sin embargo , la cantidad de dilatación o contracción varía, dependiendo del material.

En resultados experimentales se ha obtenido que el cambio de longitud , ΔL de casi todos los sólidos es, con mucha aproximación , directamente proporcional al cambio de temperatura ΔT . Como cabría esperar, el cambio de longitud también es proporcional a la

longitud inicial del objeto , L_0 . Esto es , para el mismo cambio de temperatura, una varilla de hierro de 4 m de longitud aumenta el doble de longitud que una de 2 m del mismo material. Podemos transformar esta proporcionalidad en una ecuación

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

en la que α , la constante de proporcionalidad, se llama **coeficiente de dilatación lineal** para el material y sus unidades son $(^{\circ}\text{C})^{-1}$. En una tabla anexa se pueden obtener los valores de α para algunos materiales .Se debe hacer notar que α varía ligeramente con la temperatura y esta es la razón por la cual los termómetros fabricados con materiales distintos no concuerdan con exactitud. Sin embargo, si la variación de temperatura no es demasiado grande, la variación entre los termómetros, se puede pasar por alto, en el caso general

Ejemplos.-

1.- Una armadura de acero tiene 200 m de longitud a 20°C . La temperaturas extremas a las que está expuesta son -30°C y $+40^{\circ}\text{C}$ ¿cuánto se dilatará o contraerá?.

Sol: sabiendo que α del acero es $12 \times 10^{-6} (^{\circ}\text{C})^{-1}$, el aumento de longitud cuando la armadura está a 40°C será

$$\Delta L = (12 \times 10^{-6}) \frac{1}{^{\circ}\text{C}} (200 \text{ m}) (40^{\circ}\text{C} - 20^{\circ}\text{C}) = 4,8 \times 10^{-2} \text{ m} .$$

Cuando la temperatura disminuye a -30°C ,

$\Delta T = -50^{\circ}\text{C}$. Por lo tanto el cambio de longitud es

$$\Delta L = 12 \times 10^{-6} \frac{1}{^{\circ}\text{C}} (200 \text{ m}) (-50^{\circ}\text{C}) = -12 \times 10^{-2} \text{ m} ,$$

o sea una disminución de 12 cm en la longitud .

2.- Un anillo de hierro debe entrar en una varilla cilíndrica del mismo material. A 20°C , el diámetro de la varilla es 6,453 cm y el diámetro interior del anillo es 6,420 cm ¿A qué temperatura se debe llevar el anillo para que su agujero sea lo suficientemente grande como para poder deslizarse en la varilla?

Sol : se debe aumentar el agujero del anillo desde un diámetro de 6,420 cm hasta uno de 6,453 cm (en realidad se debería aumentar el diámetro quizás hasta 6,456 cm para que la varilla entre con cierta holgura en el anillo). Se debe calentar el anillo, porque el diámetro del agujero aumentará en forma lineal cuando aumente la temperatura . Nótese que el material **no** se expande hacia adentro tratando de llenar el agujero. En un objeto macizo, sin agujero todas las secciones se dilatan (expanden) cuando aumenta la temperatura, incluyendo un círculo imaginario del tamaño del agujero; la presencia de

éste no afecta a lo anterior, y por lo tanto decimos que el diámetro del agujero aumenta cuando aumenta la temperatura.

De la ecuación $\Delta L = \alpha L_0 \Delta T$ despejamos ΔT y encontramos que

$$\Delta T = \frac{\Delta L}{\alpha L_0} = \frac{6,453 \text{ cm} - 6,420 \text{ cm}}{(12 \times 10^{-6} \frac{1}{^\circ\text{C}})(6,420 \text{ cm})} = 430^\circ\text{C}$$

De modo que su temperatura se debe elevar al menos a 450°C .

El cambio de volumen de un material, debido al cambio de temperatura, está expresado por una ecuación semejante a la de la dilatación lineal, $\Delta L = \alpha L_0 \Delta T$, es decir

$\Delta V = \beta V_0 \Delta T$ en la cual ΔT es la variación de la temperatura, V_0 es el volumen inicial, ΔV es el cambio de volumen y β es el coeficiente de dilatación volumétrica o **coeficiente de dilatación cúbica**. Las unidades de β son $(^\circ\text{C})^{-1}$. Observando una tabla de valores de β para diversos materiales se puede notar que para los sólidos, β es igual, normalmente, a aproximadamente 3α . Pero esto no es válido para sólidos que no son isotrópicos (Isotrópico quiere decir que tiene las mismas propiedades en todas direcciones). Cabe agregar que la expansión lineal no tiene significado para líquidos y gases, ya que no poseen formas definidas.

Otro ejemplo.- El estanque de gasolina de 70 litros de un automóvil se llena totalmente con gasolina a 20°C . A continuación el vehículo se deja estacionado al sol y el estanque alcanza una temperatura de 40°C ¿cuánta gasolina se derramará del estanque?

Sol: La gasolina se expande de acuerdo a la ecuación $\Delta V = \beta V_0 \Delta T$, entonces

$$\Delta V = (950 \times 10^{-6} \text{ }^\circ\text{C}^{-1})(70 \text{ l})(20^\circ\text{C}) = 1,3 \text{ L}$$

También el estanque se expande. Nos podemos imaginar que es un cascarón que sufre una dilatación volumétrica ($\beta \approx 3\alpha = 36 \times 10^{-6} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$). Pero si fuera macizo la capa superficial externa (nuestro cascarón) se expandiría exactamente lo mismo. Así, aumenta el volumen del estanque en la siguiente cantidad:

$$\Delta V = (36 \times 10^{-6} \text{ }^\circ\text{C}^{-1})(70 \text{ l})(20^\circ\text{C}) = 0,050 \text{ L}$$

y por lo tanto la expansión del estanque tiene poco efecto. Si se dejara este estanque lleno al sol, se derramaría más de un litro de gasolina al pavimento.

La mayor parte de las sustancias se expanden de manera más o menos uniforme con un aumento de temperatura. Sin embargo, el agua no sigue este comportamiento normal. Si se calienta agua a 0°C , en realidad **disminuye** de volumen hasta alcanzar los 4°C . A más de 4°C , el agua se comporta normalmente y se dilata a medida que aumenta su temperatura. Por lo tanto el agua tiene su densidad máxima a 4°C . Es por este motivo que el agua de un lago se congela primero en la superficie. Cuando se enfría a menos de 4°C , el agua menos densa asciende, o permanece en la superficie, mientras que el agua a 4°C , más densa, permanece en el fondo. El agua más fría de la superficie se congela primero, porque llega primero a 0°C .

Este comportamiento del agua es de gran importancia en la naturaleza. Si el agua tuviera la mayor densidad en su punto de congelación, como ocurre con la mayoría de los líquidos, entonces el agua más fría se iría al fondo de lagos y océanos y éstos se congelarían del fondo hacia la superficie. Durante los meses de invierno se extinguiría la vida marina. Pero esto no ocurre, porque el agua más densa que va al fondo de una masa de agua está cuatro grados por encima de la temperatura de congelación. El agua, en el punto de congelación, 0°C , es menos densa, por lo que el hielo se forma en la superficie.

La mayor parte del enfriamiento en un estanque ocurre en su superficie, cuando el aire en sus proximidades es más frío que el agua. Conforme se enfría la superficie del agua, ésta se hace más densa y se va al fondo. El agua "flota" en la superficie, enfriándose más, sólo si tiene la misma o menor densidad que el agua que se halla debajo. Considérese una masa de agua que está inicialmente a, digamos, a 10°C . No es posible enfriarla a 0°C sin antes pasar por la temperatura de 4°C . Y el agua a 4°C no puede permanecer en la superficie para enfriarse más, a menos que toda el agua subyacente tenga por lo menos la misma densidad - esto es, a menos que toda el agua debajo esté a 4°C . Si el agua debajo de la superficie está a cualquier temperatura diferente de 4°C , cualquier agua a 4°C en la superficie será más densa y se irá al fondo antes de que se le pueda enfriar más. Así, antes de que se pueda formar hielo, **toda** el agua de un estanque debe enfriarse a 4°C . Solo cuando se cumpla esta condición es posible que el agua de la superficie se enfríe a 3, 2, 1 y 0°C sin que se vaya al fondo. Entonces se puede formar hielo. Podemos ver que el agua de la superficie es la primera en congelarse. Si continúa el enfriamiento del estanque ello da por resultado la congelación del agua inmediatamente adyacente al hielo; así, un estanque se congela de la superficie hacia el fondo. Durante un invierno riguroso el hielo tiene mayor espesor que en uno más benigno.

Dado que toda el agua de un lago debe enfriarse a 4°C antes de que se puedan alcanzar temperaturas más bajas, las masas de agua muy profundas no se cubren de hielo incluso en los inviernos más fríos. Esto se debe a que el invierno no es lo suficientemente largo para que toda el agua se enfríe a 4°C . Si sólo una parte del agua se encuentra a 4°C , ésta se va al fondo. A causa del elevado valor del calor específico del agua y su baja capacidad de conducción del calor, el fondo de los lagos profundos en las regiones frías está a una temperatura constante de 4°C todo el año. Los peces sobreviven gracias a que esto es así.