

ENERGÍA TÉRMICA Y CALOR

En esta unidad vamos a estudiar:

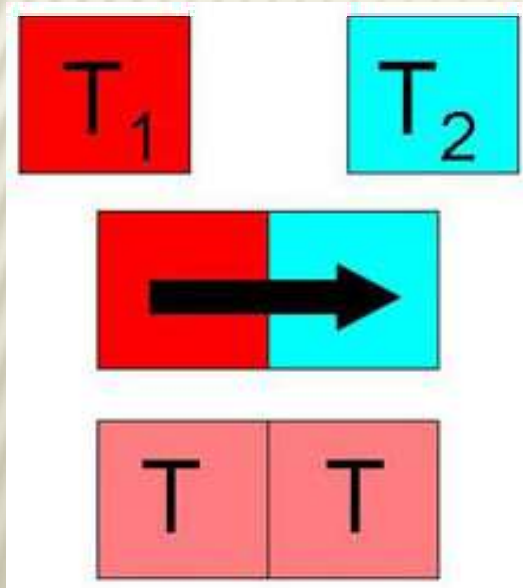
- *Qué es la temperatura y las distintas escalas para medirla.*
- *Vamos a describir el calor como una forma de transferencia de energía.*
- *Vamos a ver como los distintos materiales absorben calor de forma distinta.*
- *Estudiaremos los efectos que produce el calor, tales como los cambios de estado.*
- *Veremos las máquinas térmicas y su rendimiento.*
- *Introduciremos las ecuaciones de los gases ideales en función de sus variables de estado.*

TEMPERATURA

La temperatura de un sistema es la medida de la energía cinética media de sus partículas.

Es una magnitud común a dos cuerpos que están en equilibrio térmico.

Cuando se ponen en contacto dos cuerpos a diferentes temperaturas, se produce una transferencia de energía de uno a otro hasta que sus temperaturas se igualan. Se ha llegado al Equilibrio Térmico.



El cuerpo caliente cede energía al cuerpo frío, hasta que sus temperaturas se igualan.

Podemos definir Temperatura como la magnitud física común a dos cuerpos en equilibrio térmico.

TEORÍA CINÉTICA Y MOVIMIENTO TÉRMICO

Partimos de dos supuestos:

- La materia está formada por partículas que ejercen fuerzas entre sí.
- Estas partículas están en continuo movimiento, caótico y desordenado, llamado movimiento térmico.



Las partículas del cuerpo con mayor temperatura vibran más rápido que las del cuerpo con menor temperatura.

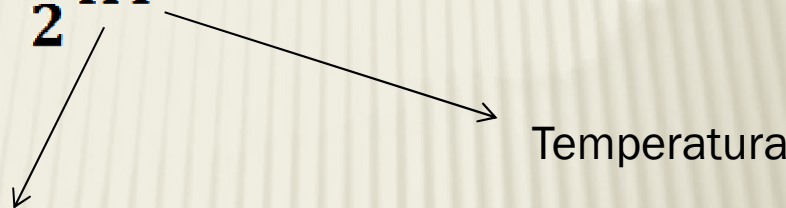
Cuando los ponemos en contacto las partículas más rápidas transfieren energía a las más lentas al chocar unas con otras.

Esos choques se propagan entre todas las partículas hasta alcanzar el equilibrio térmico.

Cuando se alcanza el equilibrio térmico, la energía cinética de las partículas es la misma.

Relación entre la Energía Cinética y Temperatura

El valor de la temperatura de un cuerpo es proporcional a la energía cinética media de sus partículas.

$$\overline{E_c} = \frac{3}{2}KT$$


Temperatura

K = constante de Boltzman
(K=1,381 ·10⁻²³ J/k)

A mayor velocidad de vibración de las partículas, tendremos más energía cinética, y por tanto tendremos mayor temperatura.

MEDIDA DE LA TEMPERATURA

La temperatura se mide con los termómetros



El termómetro es un instrumento con alguna propiedad que varía con la temperatura, como longitud, resistencia eléctrica...



El más común es el termómetro de mercurio, que mide la temperatura de un objeto al alcanzar el equilibrio térmico con dicho cuerpo.

ESCALAS TERMOMÉTRICAS

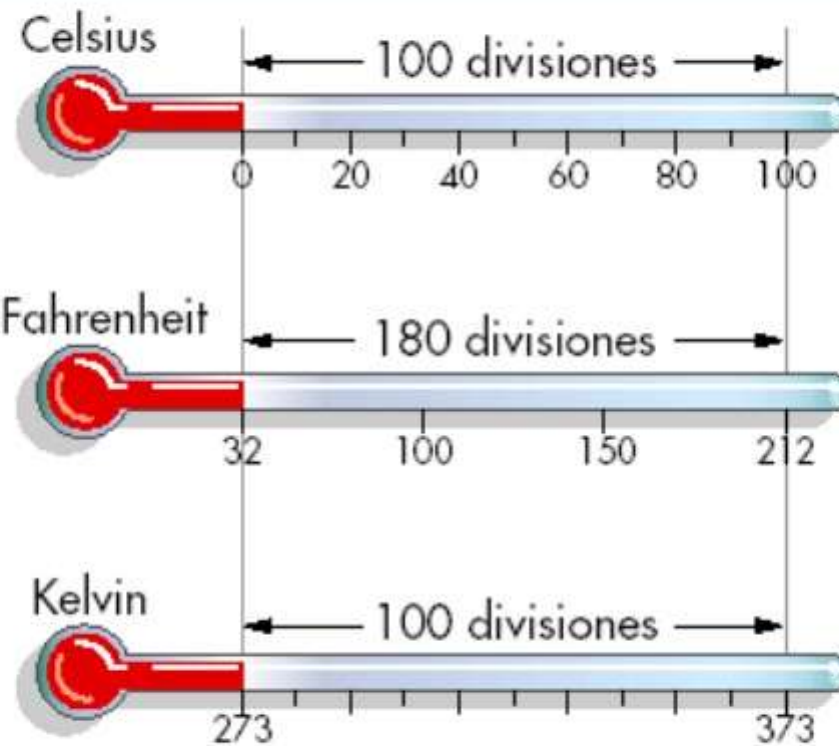
Las escalas termométricas más usadas son:

- Escala Celsius: asigna el valor 0°C a la temperatura de fusión del agua, y 100°C a la temperatura de ebullición. Se divide este intervalo en 100 partes y cada una se llama grado Celsius.

- Escala Fahrenheit: asigna el valor de 32°F al punto de fusión del agua, y 212°F al punto de ebullición. El intervalo se divide en 180 partes y cada una se llama grado Fahrenheit.

- Escala absoluta o Kelvin: Es la escala científica. El cero de esta escala o cero absoluto (0 K) es el punto en el que las partículas carecen de movimiento.

Equivalencias Termométricas



CAMBIO ENTRE ESCALAS DE TEMPERATURA

Para cambiar de escala solo tenemos que seguir las siguientes expresiones:

Nombre	Símbolo	Temperaturas de referencia	Equivalencia
Escala Celsius	°C	Puntos de congelación del agua o fusión del hielo (0 °C) y ebullición del agua (100 °C)	$t(^{\circ}\text{C}) = T(\text{K}) - 273$
Escala Fahrenheit	°F	Punto de congelación de una mezcla anticongelante de agua y sal y temperatura del cuerpo humano.	$T(^{\circ}\text{F}) = 1,8 \cdot t(^{\circ}\text{C}) + 32$
Escala Kelvin	K	Cero absoluto (temperatura más baja posible)	$T(\text{K}) = t(^{\circ}\text{C}) + 273$

CALOR

Calor es el proceso de transferencia de energía de un cuerpo a otro como consecuencia de la diferencia de temperatura entre ellos.

Los cuerpos no tienen calor. El calor es un mecanismo de intercambio de energía.

UNIDADES:

El Calor se mide en Julios, pero con frecuencia se utiliza como unidad de medida la Caloría.

**Equivalencia entre
el julio y la caloría**

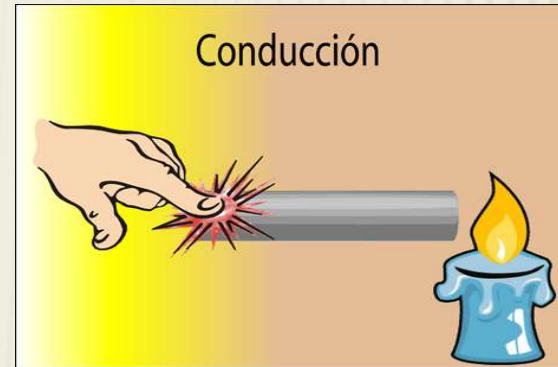
$$\mathbf{1\ J = 0,24\ cal}$$

$$\mathbf{1\ cal = 4,18\ J}$$

MECANISMOS DE TRANSFERENCIA DE ENERGÍA MEDIANTE CALOR

CONDUCCIÓN:

Es un mecanismo de transporte de energía sin transporte de materia.

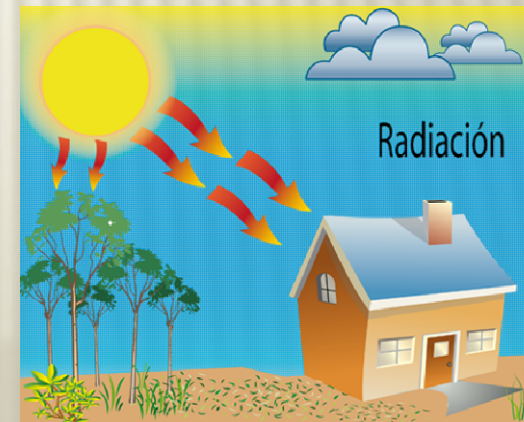


CONVECCIÓN:

Hay transporte de materia, las partículas calientes desplazan a las frías.

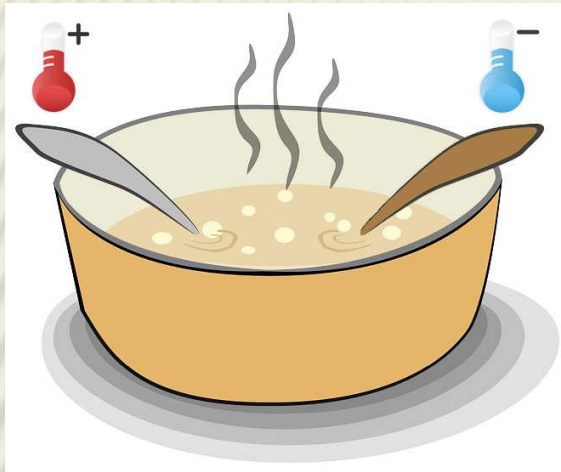
RADIACIÓN:

Es el conjunto de ondas electromagnéticas que emite un cuerpo. Es un mecanismo de transporte de energía sin transporte de materia.



CAPACIDAD CALORÍFICA — CALOR ESPECÍFICO

Dos cuerpos de la misma masa pero de distinto material puestos en contacto con el mismo foco de calor, experimentan incrementos de temperatura diferentes. Tienen distinta Capacidad Calorífica.



Capacidad Calorífica es la energía en forma de calor que hay que comunicar a un cuerpo para que su temperatura aumente 1 K.

La capacidad calorífica se mide en J/K y depende de la masa del cuerpo.

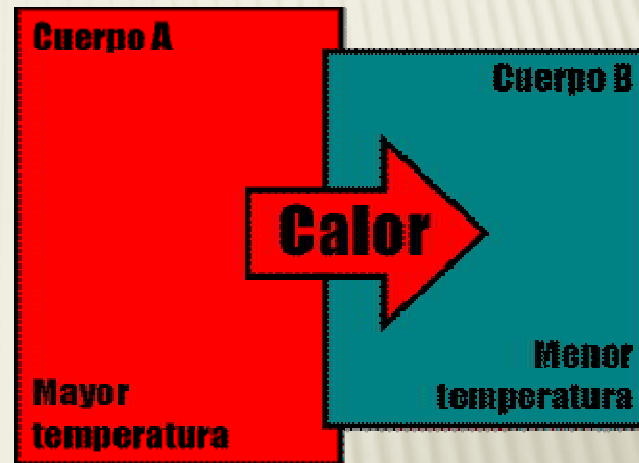
Es más útil la capacidad calorífica por unidad de masa, también llamada Calor Específico.

Calor Específico, C_e , de una sustancia es la energía que absorbe 1 kg de la misma para aumentar su temperatura 1 K.

$$Q = m \cdot C_e \cdot (T_f - T_i)$$

Cuerpos en contacto = Principio de Conservación de la Energía

Se produce una transferencia de energía del cuerpo con más temperatura al cuerpo con menos temperatura.



Si aplicamos el principio de conservación de la energía entre dos cuerpos que intercambian energía en forma de calor, tenemos que la energía cedida por uno de ellos (negativa) es igual a la absorbida por el otro (positiva).

Es decir:



$$Q_{\text{absorbido}} + Q_{\text{cedido}} = 0$$

EJEMPLO 1

Calcular la cantidad de calor necesario para elevar la temperatura de 10 kg de cobre de 25°C hasta los 125 °C

Datos: $m = 10 \text{ kg}$ $T_{\text{inicial}} = T_i = 25^\circ\text{C} = 298 \text{ K}$

$T_{\text{final}} = T_f = 125^\circ\text{C} = 398 \text{ K}$

Buscamos el calor específico del cobre \rightarrow $C_e = 390 \text{ J}/(\text{kg K})$

Para calcular el calor necesario aplicamos

$$Q = m \cdot C_e \cdot (T_f - T_i)$$

$$Q = 10 \cdot 390 \cdot (398 - 298) = 3.900.000 \text{ J} = 3,9 \cdot 10^6 \text{ J}$$

EJEMPLO 2:

Sumergimos un bloque de 500 g. de hierro a 90°C en 500 g. de agua a 10°C.
Calcula la temperatura a la que se produce el equilibrio térmico.

Datos: $m_{\text{hierro}} = 0,5 \text{ kg}$ $m_{\text{agua}} = 0,5 \text{ kg}$
 $T_i \text{ hierro} = 90^\circ \text{ C}$ $T_i \text{ agua} = 10^\circ \text{ C}$

Buscamos los calores específicos del agua y del hierro

$C_e \text{ hierro} = 452 \text{ J}/(\text{kg K})$ $C_e \text{ agua} = 4180 \text{ J}/(\text{kg K})$

El hierro cederá calor al agua y el agua absorberá calor del hierro.
Aplicando el principio de conservación de la energía tendremos:

$$Q_{\text{absorbido}} + Q_{\text{cedido}} = 0$$

$$m_{\text{Fe}} \cdot C_{e \text{ Fe}} \cdot (T_f - T_i) + m_{\text{H}_2\text{O}} \cdot C_{e \text{ H}_2\text{O}} \cdot (T_f - T_i) = 0$$

$$0,5 \cdot 452 \cdot (T_f - 90) + 0,5 \cdot 4180 \cdot (T_f - 10) = 0$$

En el equilibrio térmico el hierro y el agua acabarán a la misma temperatura

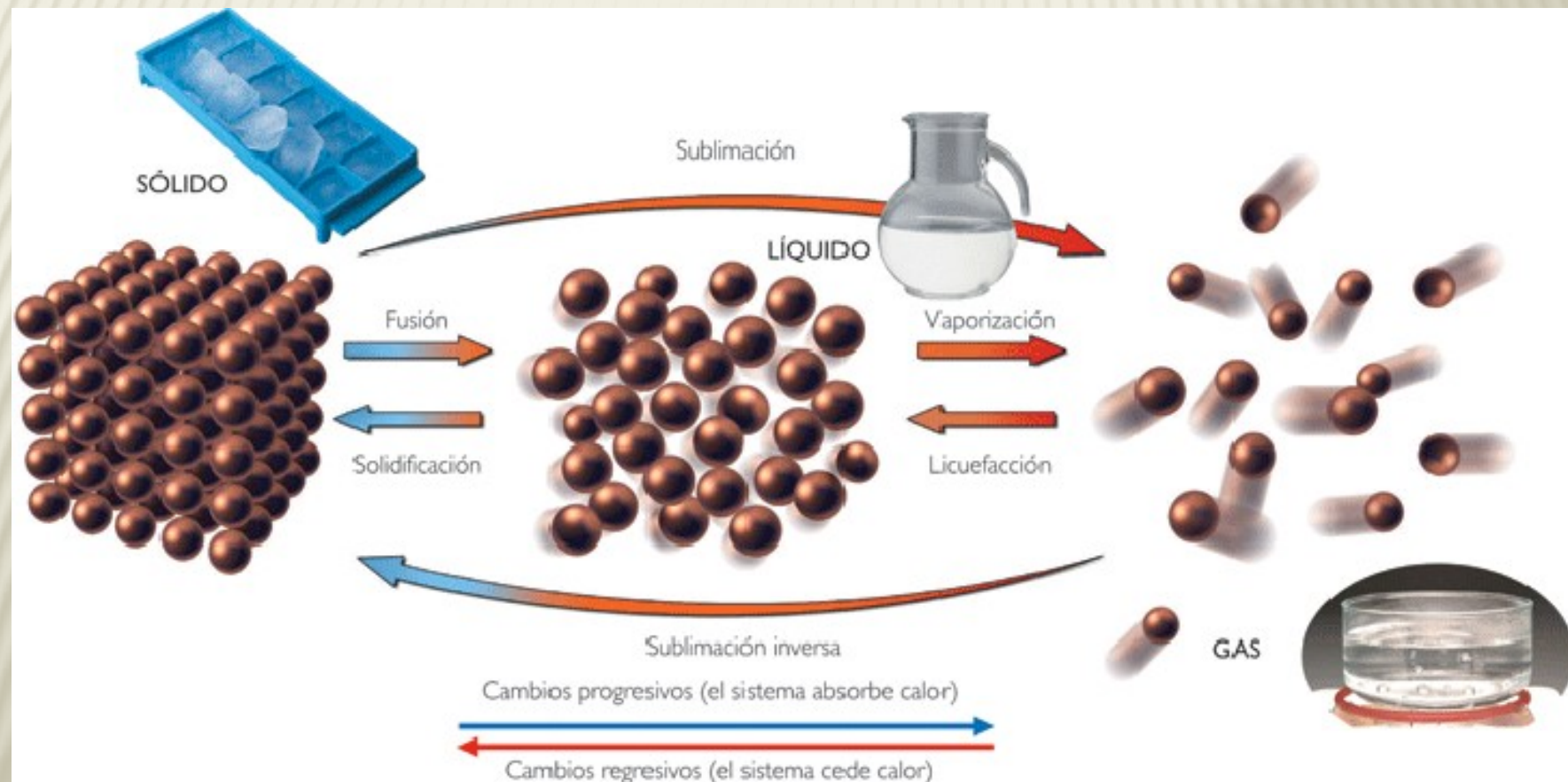
$$226 T_f - 20340 + 2090 T_f - 20900 = 0 \quad \longrightarrow \quad 2316 T_f = 41240$$

$$T_f = 17,8^\circ \text{ C} \quad \longleftarrow$$

CAMBIOS DE ESTADO

Al transferir energía mediante calor a una sustancia, ésta aumenta su temperatura, debido a que aumenta la Energía Cinética media de sus partículas.

Cuando su energía cinética no puede aumentar más, esa energía se emplea en romper las fuerzas de atracción entre partículas, y se produce un cambio de estado.



TEMPERATURA DE CAMBIO DE ESTADO

Las sustancias puras tienen temperaturas de cambio de estado fijas, lo contrario de lo que sucede en las mezclas.



Mientras se produce un cambio de estado, la temperatura de una sustancia pura permanece constante.

Al transferir energía a un cuerpo mediante calor pueden ocurrir dos cosas:

- Se produce un incremento de la temperatura del cuerpo (siempre que no se alcance la temperatura de cambio de estado)
- Si se alcanza la temperatura de cambio de estado, la energía suministrada no se emplea en aumentar la temperatura, sino que se emplea en modificar la estructura interna de la sustancia.

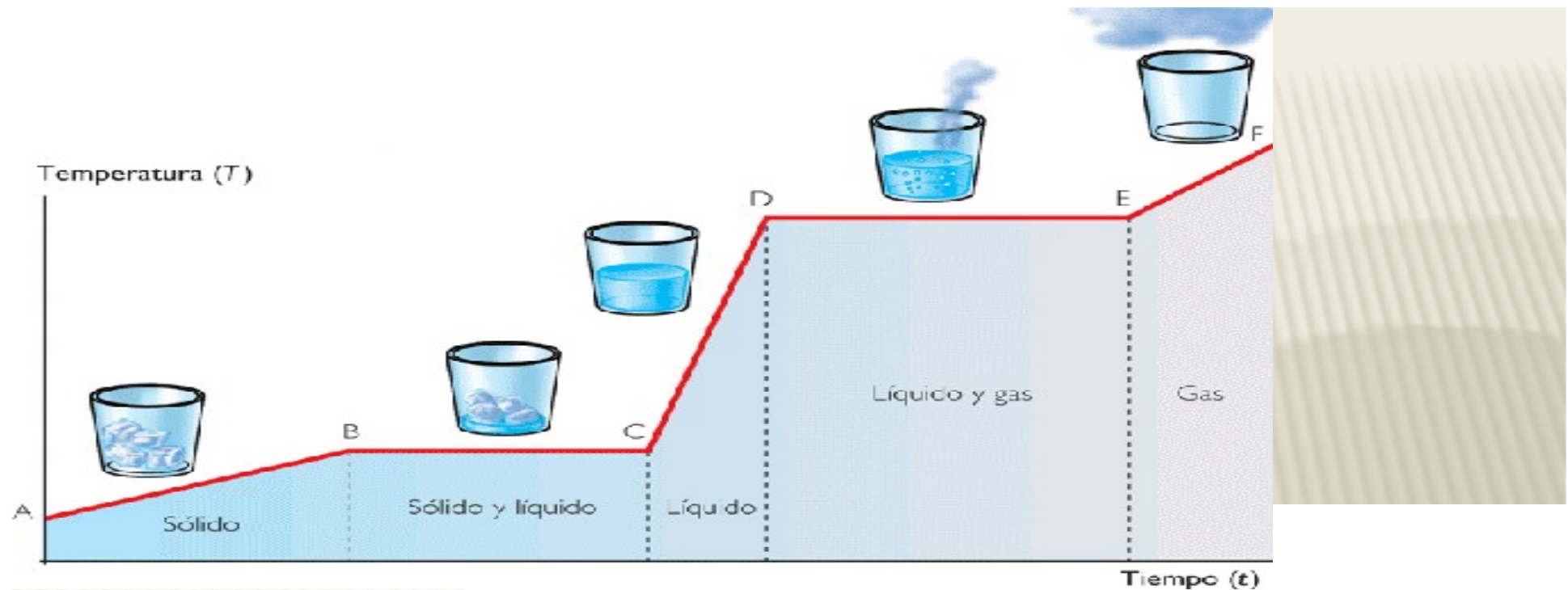
CALOR LATENTE DE CAMBIO DE ESTADO (L)

Es el calor que se absorbe o se cede por unidad de masa en un cambio de estado.
Es una constante para cada sustancia.

La cantidad de calor que interviene en un cambio de estado es:

$$Q = m \cdot L$$

Para cada sustancia existen dos calores latentes, uno para el cambio de estado de sólido a líquido, calor latente de fusión L_f , y otro para el cambio de estado de líquido a vapor, calor latente de ebullición L_e



Algunos calores latentes

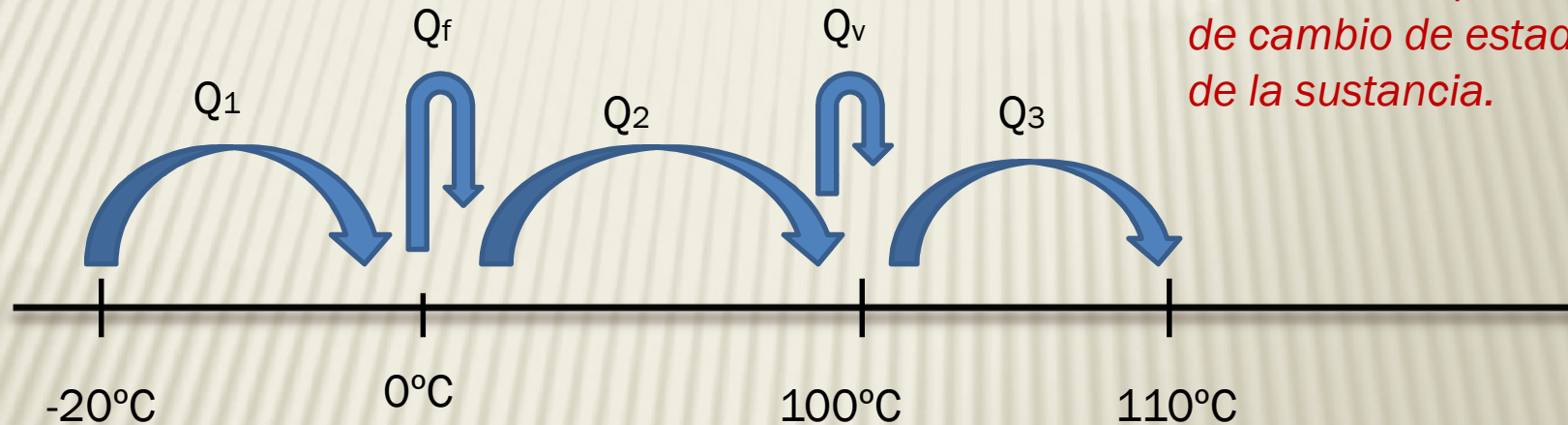
Sustancia	Punto de fusión (°C)	Calor latente de fusión (J/kg)	Punto de ebullición	Calor Latente de vaporización
Helio	-269.65	5.23×10^5	-268.93	2.09×10^4
Nitrógeno	-209.97	2.55×10^4	-195.81	2.01×10^5
Oxígeno	-218.79	1.38×10^4	-182.97	2.13×10^5
Alcohol etílico	-114	1.04×10^5	78	8.54×10^5
Agua	0.00	3.33×10^5	100.00	2.26×10^6
Azufre	119	3.81×10^4	444.60	3.26×10^5
Plomo	327.3	2.45×10^4	1750	8.70×10^5
Aluminio	660	3.97×10^5	2450	1.14×10^7
Plata	960.80	8.82×10^4	2193	2.33×10^6
Oro	1063.00	6.44×10^4	2660	1.58×10^6
Cobre	1083	1.34×10^5	1187	5.06×10^6

EJEMPLO:

Tenemos un recipiente cerrado con 500 gramos de hielo a -20°C . ¿Qué calor tenemos que suministrar para pasarlo a vapor de agua a 110°C ?

Tenemos que calcular el calor para cada cambio de temperatura y para cada cambio de estado, y luego sumarlo.

El proceso sería el siguiente:



Lo primero habría sido buscar la temperatura de cambio de estado de la sustancia.

Q_1 ; Q_2 y Q_3 corresponde al calor para elevar la temperatura y llevarlo a la temperatura de cambio de estado.

Q_f y Q_v corresponden al calor necesario para cambiar de estado en cada caso.

Buscaríamos los calores específicos así como los calores latentes

Calculamos todos los calores necesarios y luego los sumaremos.

Q_1 (calor necesario para subir la temperatura de -20°C hasta los 0°C , temperatura de fusión)

$$Q_1 = m \cdot C_e \cdot \Delta T = 0,5 \cdot 2100 \cdot (0 - (-20)) = 21000 \text{ J}$$

Q_f (calor necesario para cambiar de estado, de hielo a 0°C a agua líquida a 0°C)

$$Q_f = m \cdot L_f = 0,5 \cdot 334400 = 167200 \text{ J}$$

Q_2 (calor necesario para pasar de agua a 0°C a agua a 100°C , temperatura a la que se produce el cambio de estado)

$$Q_2 = m \cdot C_e \cdot \Delta T = 0,5 \cdot 4180 \cdot (100 - 0) = 209000 \text{ J}$$

Q_v (calor necesario para cambiar de estado, de agua a 100°C a vapor de agua a 100°C)

$$Q_v = m \cdot L_v = 0,5 \cdot 2257000 = 1128500 \text{ J}$$

Q_3 (calor necesario para subir la temperatura del vapor de agua, de 100°C hasta los 110°C)

$$Q_3 = m \cdot C_e \cdot \Delta T = 0,5 \cdot 1940 \cdot (110 - 100) = 9700 \text{ J}$$

El calor necesario para todo el proceso será la suma:

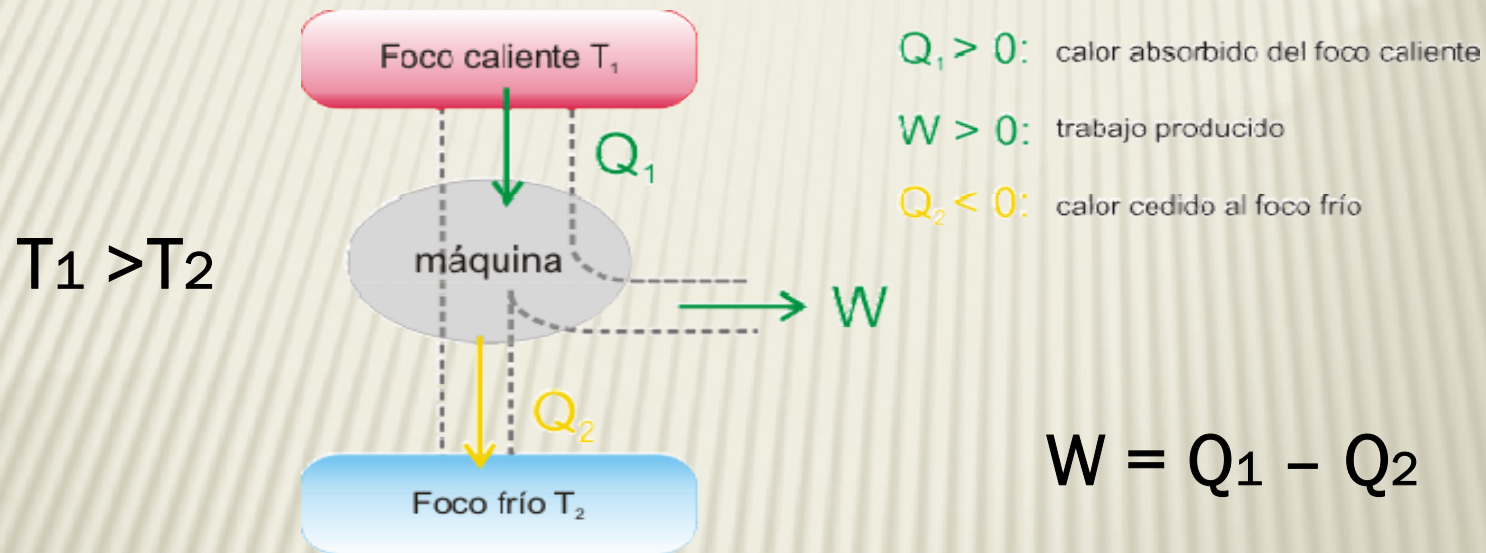
$$Q_T = Q_1 + Q_f + Q_2 + Q_v + Q_3 = 1535400 \text{ J}$$

MÁQUINAS TÉRMICAS Y RENDIMIENTO

Las máquinas térmicas son dispositivos mecánicos que aprovechan una fuente de calor para realizar un trabajo mecánico.

Una parte de la energía se pierde en forma de calor.

El esquema es el siguiente:



La máquina toma calor de un foco caliente Q_1 , parte de ese calor se emplea en realizar un trabajo W , y el resto Q_2 se cede a un foco frío.

El trabajo realizado es la diferencia entre el calor tomado del foco caliente y el cedido al foco frío.

Rendimiento de las máquinas térmicas

Las máquinas térmicas no producen mucho trabajo mecánico, la mayor parte de la energía se desperdicia en calentar las piezas de la propia máquina.

El rendimiento de la máquina es el cociente entre el trabajo mecánico realizado por la máquina y la energía tomada del foco caliente.

$$\eta = \frac{W}{Q_1} = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1}$$

El rendimiento se puede expresar en función de las temperaturas de los focos

$$\eta = \frac{T_1 - T_2}{T_1}$$

El rendimiento no tiene unidades, y será siempre menor que la unidad. Podemos expresarlo en términos de porcentajes.

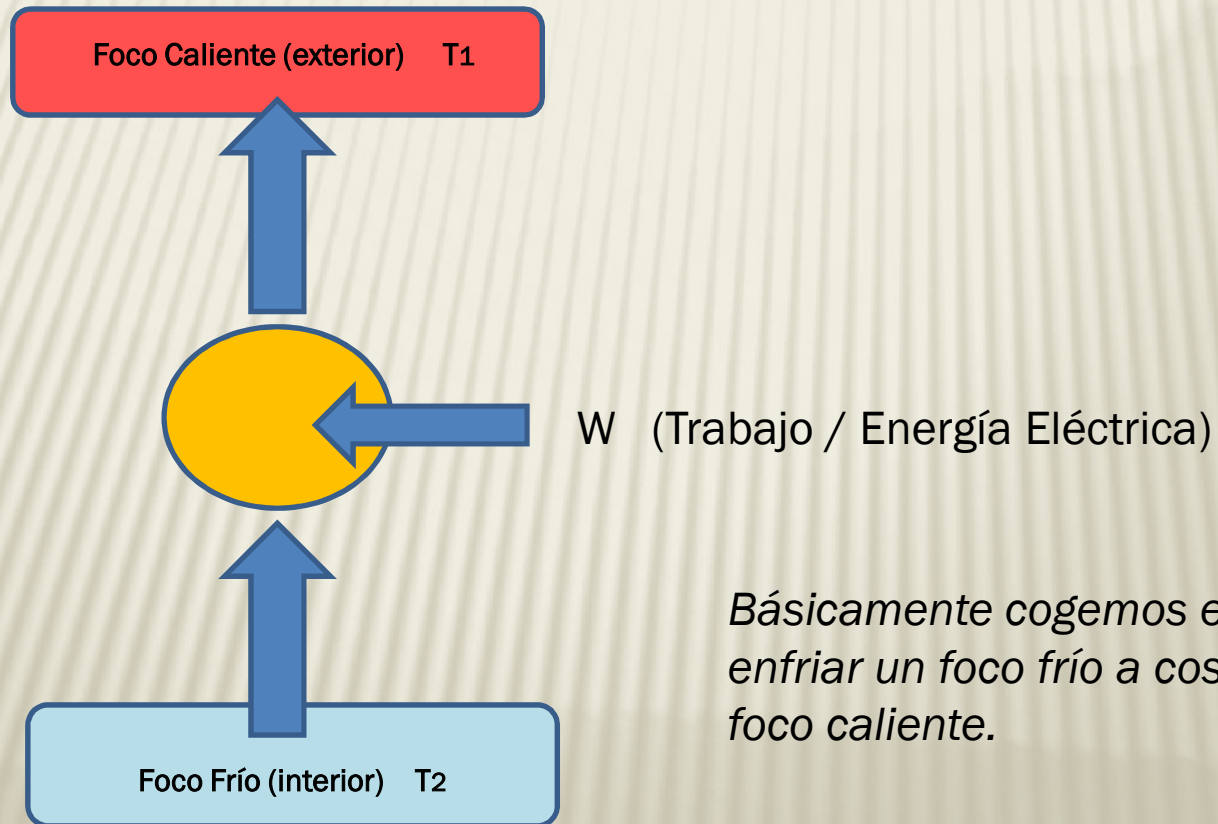
Una máquina térmica nunca llegará a un rendimiento del 100%, pues se producen muchas pérdidas en calentar el entorno (las piezas...)

¿El frigorífico es una máquina térmica?



SÍ

Se trata de una máquina térmica pero que funciona al revés.
Tenemos un motor que realiza un trabajo W , cogiendo energía de la red eléctrica.
Extrae energía Q_2 del foco frío (el interior del frigorífico) y cede energía Q_1 al foco caliente (la habitación)



Básicamente cogemos energía para enfriar un foco frío a costa de calentar un foco caliente.

LEYES DE LOS GASES PERFECTOS RELACIONADAS CON LA TEMPERATURA

Las magnitudes que definen el estado de un gas se denominan variables de estado. La presión, el volumen y la temperatura son variables de estado.

Magnitudes que caracterizan el estado físico de un sistema

- ❖ Temperatura (T)
- ❖ Presión (P)
- ❖ Volumen (V)

Hay una serie de leyes que relacionan estas variables de estado y que cumplen los llamados gases perfectos.

LEY DE BOYLE - MARIOTTE

A temperatura constante el producto de la presión que ejerce una determinada cantidad de gas por el volumen que ocupa es constante.

$$P_1 \cdot V_1 = P_2 \cdot V_2 = CTE. \quad (T^a \text{ constante})$$

PRIMERA LEY DE CHARLES Y GAY - LUSSAC

El volumen que ocupa una determinada cantidad de gas a presión constante es directamente proporcional a su temperatura absoluta.

$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2} \quad (\text{Presión constante})$$

SEGUNDA LEY DE CHARLES Y GAY - LUSSAC

La presión que ejerce una determinada cantidad de gas a volumen constante es directamente proporcional a su temperatura absoluta.

$$\frac{P_1}{T_1} = \frac{P_2}{T_2} \quad (\text{Volumen constante})$$

ECUACIÓN GENERAL DE LOS GASES PERFECTOS

Las tres leyes anteriores las podemos resumir en una única expresión.

$$\frac{P_0 \cdot V_0}{T_0} = \frac{P_1 \cdot V_1}{T_1}$$

Esta expresión recibe el nombre de ecuación general de los gases perfectos y resulta muy útil para resolver problemas referentes a procesos en los que varían simultáneamente la presión, el volumen y la temperatura, o bien alguna de esas variables de estado se mantiene constante.

IMPORTANTE:

Las unidades en todas las expresiones anteriores deben ser las siguientes

Temperatura en Kelvin

Presión en Atmosferas

Volumen en Litros

Unidad térmica de calor o caloría \rightarrow es \rightarrow La cantidad de energía térmica necesaria para elevar la temperatura de un gramo de agua en un grado Celsius ($^{\circ}\text{C}$)

$1 \text{ cal} = 4,186 \text{ J}$

La cantidad de energía térmica (Q) necesaria para elevar la temperatura de un sistema \leftarrow su \leftarrow c es el calor específico \leftarrow es \leftarrow la capacidad térmica \leftarrow es \leftarrow $C = cm$ \leftarrow donde \leftarrow m es la masa

$c_{\text{agua}} = 4,186 \frac{\text{J}}{\text{kg}^{\circ}\text{K}}$

Se determina \rightarrow $Q = CT = mcT$ \rightarrow donde \rightarrow C es la capacidad térmica o calorífica \rightarrow Se obtiene \rightarrow $C = cm$ \rightarrow Una medida de cómo de insensibilidad térmica muestra una sustancia a la adición de energía térmica \rightarrow por \rightarrow unidad de masa

T es la variación de temperatura \rightarrow donde \rightarrow C es la capacidad térmica o calorífica \rightarrow es \rightarrow La energía térmica que se necesita para aumentar un grado la temperatura de la sustancia \rightarrow A mayor C \rightarrow Más energía debe ser añadida a una masa \rightarrow Para causar un cambio particular de temperatura