Calor latente: L

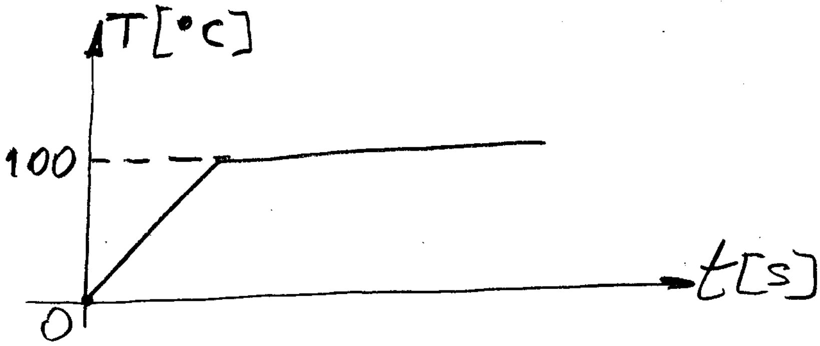
Es la cantidad de Q, x unidad de masa, cedida o extraída a una sustancia que experimenta un cambio de fase

$$L = \frac{Q}{m} \left[\frac{J \text{ ó } cal}{kg \text{ ó } g} \right]$$

- Sólido a líquido ⇒ calor latente de fusión L_f
- Líquido a gaseoso ⇒ — — vaporización L_e

Esta U en forma de Q se invierte para el cambio de fase y NO para aumentar su T

Diagrama de $T = f(t)$ para un recipiente con H_2O al fuego:



El Q se invierte en cambiar de fase, de líquido a gaseoso y, cuando alcanza $T = 100°C$ hasta que no se evapore toda el agua, T permanece cte.

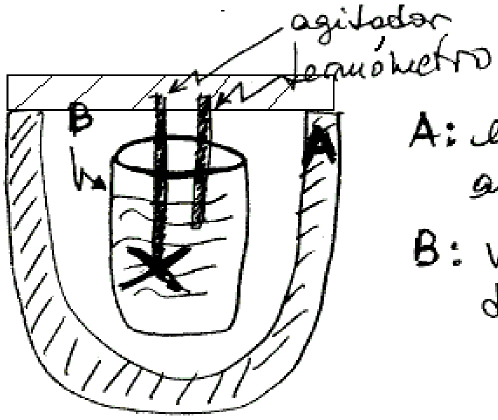
latente = escondido

Se lo llama así xq se entrega energía (en forma de calor) y no le sucede un cambio de T mientras cambia de fase (1760, Joseph Black). Ejemplo: nuestra transpiración disminuye la temperatura corporal, ya que el sudor, en contacto con nuestro cuerpo y el aire circundante, se evapora → para que esto suceda, el aire debe entregar calor, por lo tanto esa masa de aire, en contacto con nuestro cuerpo baja su T.

CALORIMETRÍA

El término calorimetría se refiere a la medición de la cantidad de calor Q

CALORÍMETRO DE AGUA (DEWAR)



A: envoltura impermeable al Q.

B: vasija metálica, en gral de capacidad 2 l.

Consiste en un envase cerrado y perfectamente aislado térmicamente, con una vasija c/agua, un agitador y un termómetro.

La idea es introducir una fuente de Q (o sea, un objeto caliente) y agitar hasta lograr el equilibrio. Veremos como puede hallarse el Q intercambiado x el objeto caliente con el **calorímetro**

CAPACIDAD CALORÍFICA del calorímetro

no es 3,14

Todos los elementos que contiene el calorímetro: recipiente, agitador, termómetro, absorben Q, habría que evaluar la cantidad de Q que intercambian cada uno de ellos. Por esta razón se define el EQUIVALENTE EN AGUA del calorímetro π

Es una masa ficticia de agua que absorbe la misma cantidad de calor que todos los elementos del calorímetro, medida gralmente en g

De acuerdo a la **Ley de Conservación de la Energía**: la cantidad total de energía en cualquier sistema físico aislado (sin interacción con otro sistema) permanece invariable en el tiempo → $\sum Q_i = 0$ ➔

RECORDAR: $Q = m.Ce.\Delta T$ siendo $\Delta T = T_{final} - T_{inicial}$

Los cuerpos están aislados térmicamente del entorno (no reciben ni entregan calor:

$$\sum Q = 0$$

Entonces la ecuación del calorímetro es:

$$(M.Ce_{agua} + \pi.Ce_{agua})(Te - To) + m.Ce(Te - T) = 0$$

$$(M.Ce_{agua} + \pi.Ce_{agua})(Te - To) = m.Ce(T - Te)$$

<u>ÚNICAMENTE</u> hay <u>cesión</u> neta de calor Q del <u>cuerpo caliente</u> al <u>menos caliente</u>.

Llamamos a los componentes:

M: masa de agua que contiene el calorímetro

Ce_{H_2O}: calor específico del agua (= 1)

π: equivalente en agua del calorímetro

T_e: T equilibrio

Te es la temp. final de todo el sistema: el calorímetro + el cuerpo problema.

To: T inicial del calorímetro

m: masa del cuerpo problema

Ce: calor específico del cuerpo problema

T: T inicial del cuerpo problema

Recuérdese que $C = \dfrac{Q}{\Delta T} = m.Ce$

A continuación, el problema 8 de la guía vieja resuelto con la escritura minuciosa adjudicada a los parámetros involucrados.

π $\quad$ M $\quad$ To

8) Un calorímetro de equivalente en agua 20 g contiene 100 g de agua a 20 °C. Se agregan 50 g de una sustancia desconocida a una temperatura de 90 °C, obteniéndose una temperatura final de equilibrio de 24 °C → Te $\quad$ T
m $\quad$ Calcular el calor específico de la sustancia agregada. C_e agua = 1 cal/g°C

$$\mathbf{(M.Ce_{agua} + \pi.Ce_{agua})\,(Te - To) = m.Ce\,(T - Te)}$$

$\pi = 20\,g$ $\qquad$ $m = 50\,g$ $\qquad$ $c_e = ?$

$M = 100\,g$ $\qquad$ $T = 90\,°C$

$To = 20\,°C$ $\qquad$ $Te = 24\,°C$

$$c_e = \frac{(M+\pi)(Te-To)}{m\,(T-Te)} = \frac{(100\,g + 20\,g)(24\,°C - 20\,°C)}{50\,g\,(90\,°C - 24\,°C)}$$

$$\boxed{c_e \cong 0{,}145\ \frac{cal}{g.°C}}$$

<u>Transferencia de calor</u> → Q

Definamos ahora el CALOR $\xrightarrow{}$ Q como la U transferida entre dos cuerpos, debido <u>únicamente</u> a una <u>diferencia de T</u> entre ambos cuerpos.

Esta U se transfiere x colisiones entre las moléculas de los cuerpos (que se mueven al azar): las moléculas + lentas ganarán U y las + rápidas pierden U.

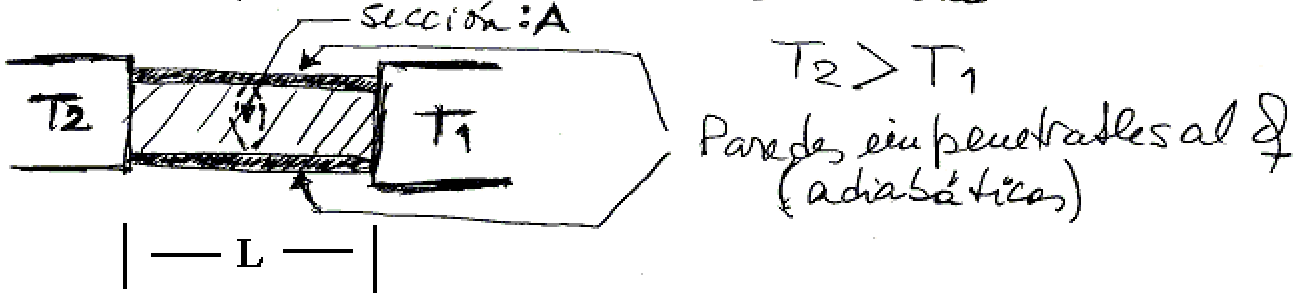
Calor es una U que se "transfiere" de un cuerpo a otro, pero NO reside en él, como puede ser la U potencial ⇒ es incorrecto hablar de "calor de un cuerpo" y correctamente, se debe decir "calor cedido (o extraído) de un cuerpo".

El calor Q se transfiere de 3 formas posibles:

CONDUCCIÓN – CONVECCIÓN – RADIACIÓN

1ra) CONDUCCIÓN

El Q se transfiere entre 2 cuerpos a través de un medio, sin movimiento de materia



A es el área de la sección del cuerpo conductor de Q

Vamos a considerar a los sólidos en conductores del Q (metales) y no cond. (no metales) al igual, como veremos, con la conducción eléctrica

Corriente de conducción del Q o Potencia calorífica

Definimos la Corriente de conducción del calor **H** como el Q que pasa a través de una sección transversal del conductor, en la unidad de tiempo.

$$H = \frac{Q}{t} = \left[\overset{W}{\frac{J}{s}} \text{ o } \frac{cal}{s} \right]$$

$\sim$ símbolo proporcionalidad

Experimentalmente se cumple:

unidades $\frac{J}{s} = W$ o $\frac{cal}{s}$

$$\left. \begin{array}{l} H \sim \frac{dT}{dx} \\ H \sim A \end{array} \right\} H \sim \underset{(*)}{-} A \frac{dT}{dx} \Rightarrow \boxed{H = -\lambda A \frac{dT}{dx}}$$

(*) el signo (−) se debe a que el calor Q fluye siempre de las T altas hacia las T bajas ⇒ la T disminuye ⇒ $\frac{dT}{dx} < 0$

T_{ALTA} ⟶ $+X$

T_{BAJA}

$\lambda \left[\frac{W}{K.m}\right]$ conductividad térmica: parámetro que caracteriza el material en su permisividad para transferir el Q

Resistencia térmica x unidad de área R_T

La resistencia térmica R_T es una medida por la cual un material resiste el flujo de calor

Se define: $\boxed{R_T = \frac{e}{\lambda A}}$

$e[m]$: espesor material
$\lambda[W/m.K]$: conductividad
$A[m^2]$: área

$$R_T\left[\frac{m}{\frac{W}{mK} m^2}\right] \Rightarrow R_T\left[\frac{K}{W}\right]$$

y como $H[W]$, ∴ $\boxed{R_T = \frac{K}{H}}$

corriente conducción o potencia calorífica

Resistencia térmica superficial : R_{TS}

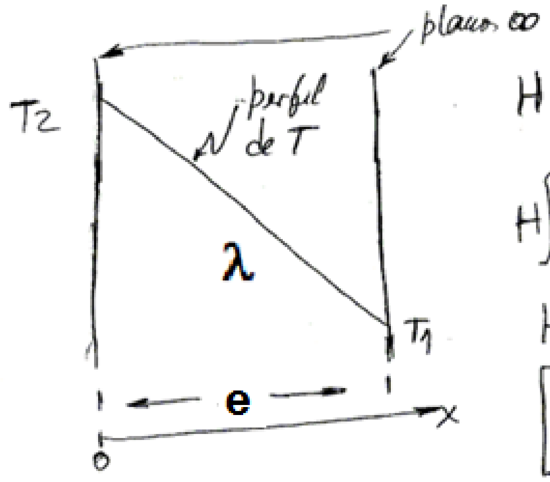
Cuando se establece una transmisión de Q desde un ambiente aire a otro sólido (pared, vidrio,...), se observa una resistencia esta transición aire → sólido que se nomencla Resistencia superficial R_{TS}, quien tiene las mismas dimensiones que la R_T

La R_{TS} depende de factores como ΔT, rugosidad del sólido y velocidad del aire.

Un ejemplo característico es un ambiente cálido (interior habitación), separado con vidrio del entorno frío (exterior): apoyando la palma de la mano en el vidrio en contacto con el interior, se lo encuentra frío.

geometría plana:

Pared espesor e



$T_2 > T_1$

$$H = -\lambda A \frac{dT}{dx}$$

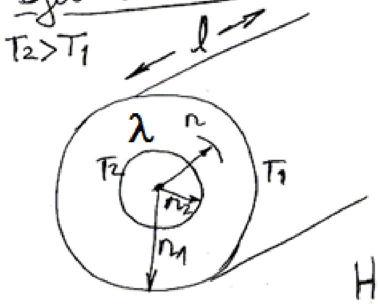
$$H\int_0^e dx = -\lambda A \int_{T_2}^{T_1} dT$$

$$H.e = \lambda A (T_2 - T_1)$$

$$\boxed{H = \frac{\lambda A}{e}(T_2 - T_1)}$$

geometría cilíndrica

$T_2 > T_1$



$$H = -\lambda A \frac{dT}{dr}$$

$$A = 2\pi r \, l$$

$$H = -\lambda 2\pi r l \frac{dT}{dr}$$

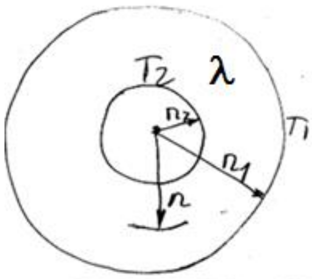
$$H \frac{1}{r} dr = -2\pi l \lambda \, dT$$

$$H \int_{r_2}^{r_1} \frac{1}{r} dr = -2\pi l \lambda \int_{T_2}^{T_1} dT$$

$$H \ln \frac{r_1}{r_2} = -2\pi l \lambda (T_2 - T_1) \therefore \boxed{H = \frac{2\pi l \lambda (T_2 - T_1)}{\ln \frac{r_1}{r_2}}}$$

geometría esférica

$T_2 > T_1$



$$H = -\lambda \overbrace{4\pi r^2}^{A} \frac{dT}{dr}$$

$$\frac{H}{4\pi\lambda} \int_{r_2}^{r_1} \frac{1}{r^2} dr = -\int_{T_2}^{T_1} dT$$

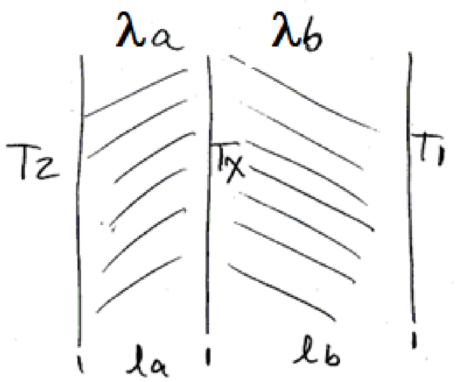
$$\frac{H}{4\pi\lambda}\left(\frac{1}{r_2} - \frac{1}{r_1}\right) = T_2 - T_1$$

$$\boxed{H = \frac{4\pi\lambda(T_2 - T_1)}{\frac{1}{r_2} - \frac{1}{r_1}}}$$

Combinación de geometrías planas:

$T_2 > T_1$

T_x **no es dato**



λ_a:

① $H = \dfrac{\lambda_a \cdot A}{l_a}(T_2 - T_x)$

λ_b:

② $H = \dfrac{\lambda_b \cdot A}{l_b}(T_x - T_1)$

Siendo: $T_2 > T_x$ y $T_x > T_1$

$$① : T_2 - T_x = \frac{H \cdot l_a}{\lambda_a \cdot A}$$

$$+$$

$$② : T_x - T_1 = \frac{H \cdot l_b}{\lambda_b \cdot A}$$

$$(T_2 - T_x) + (T_x - T_1) = \frac{H \cdot l_a}{\lambda_a \cdot A} + \frac{H \cdot l_b}{\lambda_b \cdot A}$$

$$T_2 - T_1 = \frac{H}{A}\left(\frac{l_a}{\lambda_a} + \frac{l_b}{\lambda_b}\right)$$

$$\boxed{H = \frac{A(T_2 - T_1)}{\dfrac{l_a}{\lambda_a} + \dfrac{l_b}{\lambda_b}}}$$

2da) CONVECCIÓN

Se produce por el movimiento real de porciones de materia (aire o agua en reposo o en movimiento, como el caloventor o la calefacción x agua caliente)

Aquí $H\left[\frac{cal \text{ ó } J}{s}\right] \to W$ se define como la Corriente de Convección de Q

$$H \sim A\,\Delta T \Rightarrow \boxed{H = h\,A\,\Delta T}$$ Ley de enfriamiento de Newton

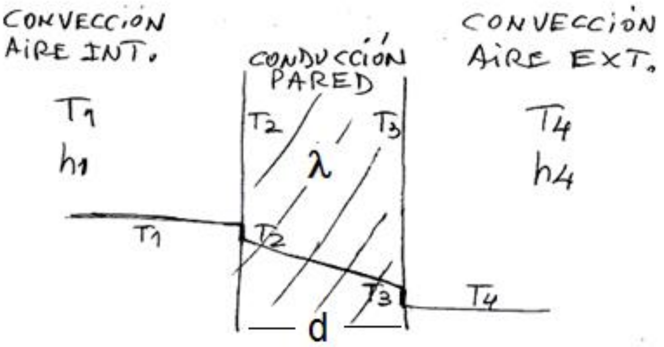
$[h] = \frac{W}{m^2 . K}$ coeficiente de convección de Q

Este tipo de transf. de Q sólo se da en fluidos (gases o líquidos) que transportan Q entre zonas con $\neq T$.

Un gas, al calentarse, aumenta su volumen y, por ende, su densidad disminuye $\Rightarrow$ asciende y desplaza el gas que se encuentra en la parte superior (y que está a menor T).

En los fluidos, la CONVECCIÓN es la forma + eficiente de transferir Q.

Combinación convección conducción



h_1 y h_4: coeficientes de convección térmica

λ: conductividad térmica

$$H_1 = h_1 A (T_1 - T_2) \Rightarrow T_1 - T_2 = \frac{H_1}{h_1 A}$$

$$H_{23} = \lambda \frac{A}{d} (T_2 - T_3) \Rightarrow T_2 - T_3 = \frac{H_{23} . d}{\lambda . A}$$

$$H_4 = h_4 A (T_3 - T_4) \Rightarrow T_3 - T_4 = \frac{H_4}{h_4 . A}$$

$$(T_1 - T_2) + (T_2 - T_3) + (T_3 - T_4) = T_1 - T_4$$

$$H_1 = H_{23} = H_4 = H \therefore$$

$$T_1 - T_4 = \frac{H}{h_1 A} + \frac{H . d}{\lambda A} + \frac{H}{h_4 A}$$

$$\boxed{T_1 - T_4 = \frac{H}{A} \left(\frac{1}{h_1} + \frac{d}{\lambda} + \frac{1}{h_4} \right)}$$

Radiación

El fenómeno de la **radiación** radica en la propagación de energía en forma de ondas electromagnéticas o partículas subatómicas a través del vacío o de todo medio material llamada *radiación infrarroja*.
La radiación infrarroja es una radiación electromagnética de mayor longitud de onda (y por ende de menor frecuencia) que la luz visible → invisible al ojo humano. La mitad de la energía total del Sol llega a la Tierra en forma de infrarroja. Su rango de longitudes de onda va desde 1 μm (10^{-6} m) hasta 1 mm (10^{-3} m). La radiación infrarroja es emitida en forma de onda electromagnética por cualquier **cuerpo cuya temperatura sea mayor que 0 K**, o sea T > −273,15 °C.
Definimos la energía radiante por unidad de tiempo o potencia de radiación P [J/s = W]

$P \approx$ área de la sup.: A
$P \approx T^4$
$\Big\}\ P \approx A T^4$

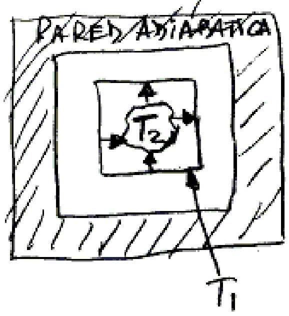
$\boxed{P = e \sigma A T^4}$ ley de Stefan-Boltzmann

e = emisividad (característica de la sup. radiante $0 \leq e \leq 1$)

σ = cte de Stefan-Boltzmann $= 5{,}67 \cdot 10^{-8} \left[\frac{W}{m^2 K^4}\right]$
(= para cualq. objeto)

De = modo que las sup. emiten radiación, también las absorben

impenetrable al calor



Objeto a temp. T_2, rodeado x pared a temp T_1: ambas sup. absorben y emiten U
Experimentalmente se demuestra que finalmente $T_2 = T_1$

Cuando esto ocurre → la sup. del objeto encerrado y la sup. de la pared que rodea al objeto deben absorber y emitir energía con la misma rapidez, para que se mantenga el equilibrio térmico.

O sea:

Una buena superficie absorbente es también una buena superficie emisora $\Rightarrow e \cong 1$

Una superficie débilmente absorbente es también débil emisora $\Rightarrow e \cong 0$

Para el último ejemplo: $P = e \sigma A (T_2^4 - T_1^4)$

Como P depende de $T^4 \Rightarrow$ el efecto es mayor a altas T y para ΔT grandes

Esta energía es transportada como RADIACIÓN electromagnética, aún en el vacío, en forma de ondas.

calcule: a) el valor de la potencia calorífica transportada a través de las paredes sólidas de un recinto cuya superficie efectiva de transporte es de $4m^2$ recubiertos con una capa de 3cm de espesor de poliestireno expandido (λ=0,01 W/m°C), estando una de sus caras en contacto con un foco a 5°C y la otra en contacto con un foco a 25°C;

b) la cantidad de calor que se transfiere a través de las paredes de este recinto en un día;

c) el valor de la resistencia térmica de la capa de poliestireno expandido;

a) Potencia calorífica = corriente de conducción de $Q = H$ [W]

$$H = \frac{Q}{\Delta t}\left[\frac{cal}{s} \text{ ó } \frac{J}{s}\right] \to W$$

$$H = \lambda \frac{A}{l}(T_2 - T_1) = 0{,}01\ W/°C.m \cdot \frac{4m^2}{0{,}03m} \cdot 20°C$$

$$\boxed{H = 26{,}\hat{6}\ W}$$

b) $Q = H \cdot \Delta t = 26{,}\hat{6}\ W \cdot 3600 \cdot 24 \cong 2{,}3\ MJ$

$1\ cal \cong 4{,}186\ J \Rightarrow 2{,}3\ MJ \Rightarrow \boxed{Q \cong 550\ kcal}$

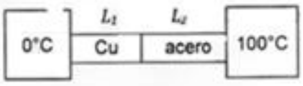
c) R_T [redacted] $= \frac{\Delta T}{H} = \frac{20°C}{26{,}6W} \Rightarrow$ R_T [redacted] $\cong \frac{3}{4} \frac{°C}{W}$

la varilla de la figura tiene sección **uniforme S = 0,5 cm2** La fracción de longitud L_1 =1m es de cobre y la otra, de longitud L_2, es de acero. Para evitar pérdidas de calor la varilla está aislada térmicamente salvo en los puntos de contacto con las fuentes. En régimen estacionario la temperatura de la unión es de 60°C. Calcule:

a) la cantidad de calor que la barra transporta por segundo,

b) la longitud L_2 de la barra de acero.

(λ_{Cu}= 0,92 cal/seg cm °C; λ_{acero}= 0,12 cal/seg cm °



L en cm para que coincida con unidad de λ

a) $H = \lambda_{Cu} \frac{S}{L_1} \Delta T = 0,92 \frac{cal}{°C.cm.s} \frac{0,5 cm^2}{100 cm}(60°C - 0°C)$

$\boxed{H = 0,276 \frac{cal}{s}}$ 1 cal = 4,186 J → $\boxed{H \cong 1,155 W}$

b) Ambas varillas se encuentran en SERIE → $\mathbf{H_{Cu} = H_{AC} = H}$

$$\mathbf{H = \lambda_{Cu} \frac{S}{L} \Delta T = \lambda_{AC} \frac{S}{L} \Delta T}$$

En esta igualdad, la única incógnita es L_{AC}

$$L_{AC} = \frac{\lambda_{AC}}{H} S . \Delta T = 0,12 \frac{cal}{°C\ cm\ s} \frac{0.5\ cm^2}{0,276\ cal/s} (100°C - 60°C)$$

$$\mathbf{L_{AC} = 8,70\ cm}$$