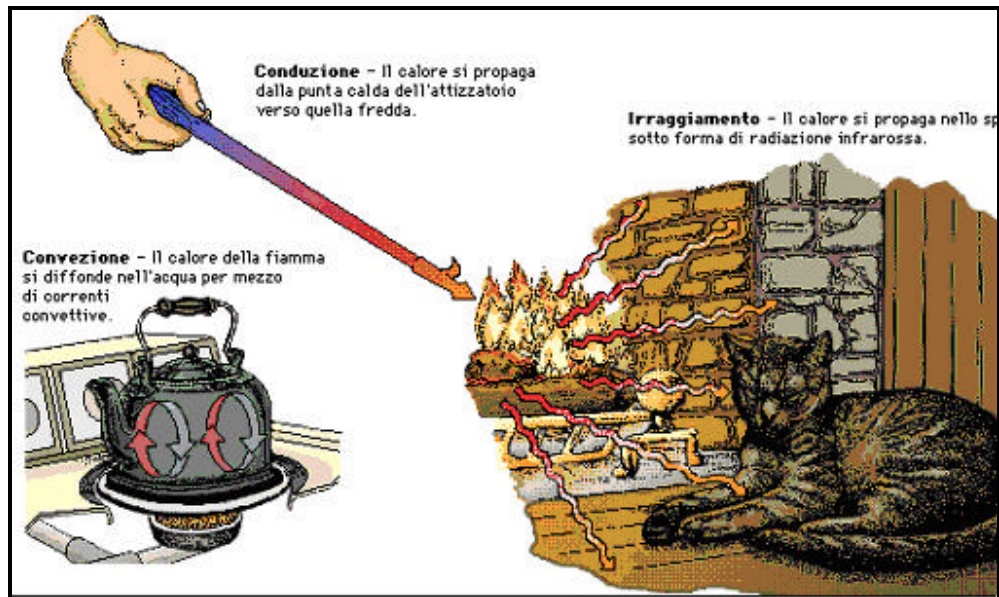


Propagazione del calore

In fisica, processo attraverso il quale due corpi, a temperature differenti, si scambiano energia sotto forma di calore, raggiungendo l'equilibrio termico.

Il calore si propaga per **convezione**, **conduzione** o **irraggiamento**. Sebbene questi tre processi possano avvenire contemporaneamente, non è infrequente che uno di essi prevalga rispetto agli altri due. Ad esempio, il calore si propaga prevalentemente per conduzione attraverso il muro di una casa, mentre l'acqua di un recipiente posto su un fornello si scalda quasi esclusivamente per convezione e la superficie terrestre riceve l'energia del Sole per irraggiamento.



Il calore si propaga in tre modi diversi: per conduzione, convezione o irraggiamento.

La conduzione avviene per contatto tra corpi solidi, ed è responsabile del fenomeno per cui il calore trasmesso dal fuoco alla punta di un attizzatoio giunge fino al manico.

La convezione riguarda la diffusione del calore nei fluidi e avviene con trasporto di materia: è per convezione che l'acqua di un bollitore si riscalda uniformemente, pur essendo solo inferiormente a contatto con il fornello.

L'irraggiamento infine consiste nella propagazione senza contatto di energia termica sotto forma di onde elettromagnetiche: grazie all'irraggiamento il tepore della fiamma di un camino si diffonde in tutto l'ambiente.

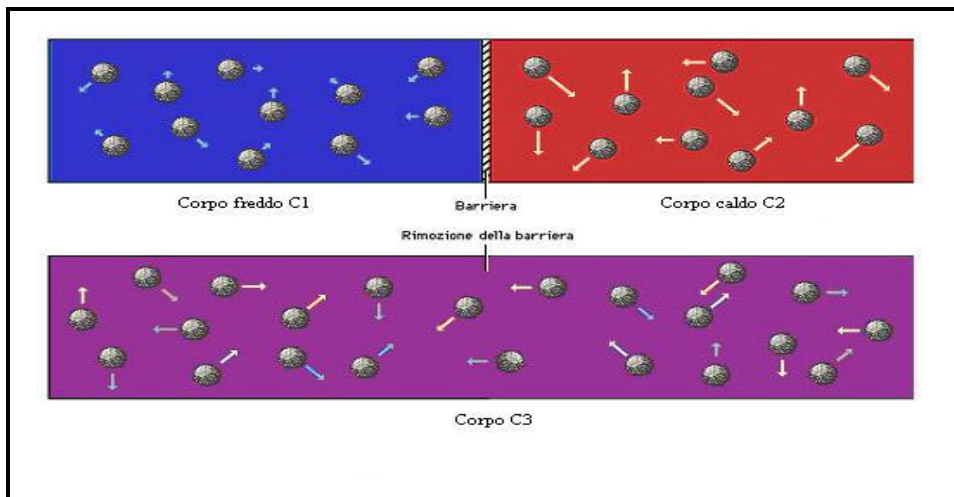
La trasmissione di energia mediante il calore e il lavoro

Mettendo a contatto un corpo freddo (C_1) con un corpo caldo (C_2), dopo un po' di tempo essi raggiungono una temperatura comune (T_3), intermedia tra le loro temperature iniziali (T_1 e T_2). Durante questo processo c'è un passaggio di calore dal corpo più caldo a quello più freddo.

Sappiamo che la temperatura è una misura dell'energia cinetica media delle molecole. Quando i due corpi sono a contatto, sulla superficie che li separa si scontrano le molecole veloci del corpo caldo con quelle lente del corpo freddo.

Per effetto degli urti le prime rallentano e le seconde acquistano velocità. Con il passare del tempo questo processo si estende anche all'interno dei due corpi fino a che i due diversi tipi di molecole hanno in media la stessa energia cinetica. Alla fine le molecole del corpo freddo hanno più energia cinetica di quanto ne avevano all'inizio, mentre quelle del corpo caldo ne hanno meno. Nel complesso c'è stato un passaggio di energia dal corpo caldo a quello freddo.

Il calore è quindi un trasferimento di energia tra due corpi che si trovano inizialmente a temperature diverse.



$$C_3 = C_1 + C_2 \quad (1) \qquad C_3 * T_3 = C_1 * T_1 + C_2 * T_2 \quad (2)$$

$$T_3 = \frac{C_1 * T_1 + C_2 * T_2}{C_1 + C_2} \quad [K] \quad (3)$$

La formula (3) è equivalente alla formula (4) del bilancio dell'energia

$$T_3 = \frac{M_1 * cp_1 * T_1 + M_2 * cp_2 * T_2}{M_1 * cp_1 + M_2 * cp_2} \quad [K] \quad (4)$$

Energia cinetica: Forma di energia posseduta da un corpo in movimento, che viene derivata dalle grandezze che caratterizzano il moto del corpo attraverso l'espressione

$$E_c = \frac{1}{2} M * v^2 \quad [J] \quad (5)$$

in cui **M** (Kg) indica la massa del corpo e **v**²(m/s) è il quadrato della sua velocità.

LA CONDUZIONE

L'unica modalità di propagazione del calore nei solidi è la conduzione.

Se si tiene un'estremità della barra ad alte temperature e l'altra estremità a temperatura più bassa lungo la barra viene trasmesso continuamente calore dall'estremità calda a quella fredda. Nello stato stazionario, la temperatura varia uniformemente (se la barra è uniforme) dall'estremità ad alta temperatura a quella a bassa temperatura.

Il calore fornito fa aumentare l'energia cinetica delle molecole del metallo che sono a suo immediato contatto.

Esse vibrano con maggiore ampiezza intorno alla posizione di equilibrio nel reticolo cristallino e urtano le molecole vicine cedendo una parte dell'energia cinetica.

A loro volta queste molecole ne urtano altre vicine, consentendo così la propagazione del calore per conduzione lungo tutta la sbarretta.

Poiché le molecole non abbandonano la posizione che occupano nel reticolo cristallino, non vi è spostamento di materia, ma soltanto di energia.

Il calore si trasferisce rapidamente all'estremo più freddo, e al termine del processo la temperatura della barra, in equilibrio termico, è uniforme.

Per descrivere il fenomeno in termini quantitativi, consideriamo una porzione della barra di lunghezza **l** (m), con *superficie di scambio termico* **S** (m²) e una *differenza di temperatura* **ΔT** (K).

Si verifica che la quantità di calore **Q** (J) trasmesso nell'unità di tempo **Δt** (s) è direttamente proporzionale a (**λ**, **S**, **ΔT**) e inversamente proporzionale a (**l**).

$$\frac{Q}{\Delta t} = l * S * \frac{\Delta T}{l} \quad (6)$$

La legge della conduzione si applica essenzialmente alla *potenza termica specifica*

$$\dot{Q} = K * S * \Delta T \quad [W] \quad (6)$$

$$\dot{Q} = K * S * (T_1 - T_2) \quad (7) \quad K = \frac{l}{L} \quad (8)$$

$$\dot{Q} = \frac{l}{L} * S * (T_1 - T_2) \quad (9)$$

densità di flusso termico $q = \frac{Q}{S}$ [W/m²] (10)

dove:

- **S**= superficie di scambio termico (m²)
- **K**= coefficiente globale di scambio termico (W/m²K) dipende dalla geometria e dal tipo di superficie di scambio.
- **T** = differenza di temperatura (K)
- **λ** = coefficiente di conducibilità termica (W/mK)

λ è una costante, chiamata coefficiente di conducibilità termica, che dipende dal materiale di cui è costituita la barra. Quanto più il suo valore è alto, tanto più rapidamente fluisce il calore.

La rapidità con cui la temperatura **T** varia lungo la lunghezza **L**, è chiamata gradiente di temperatura.

$$\text{Gradiente di temperature} = \frac{(T_1 - T_2)}{L} \quad [\text{K/m}] \quad (11)$$

$$q = -I * \text{gradiente}(T) \quad [\text{W/m}^2] \quad (12) \quad q = \frac{Q}{S} = I * \frac{(T_1 - T_2)}{L} \quad [\text{W/m}^2] \quad (13)$$

La legge di Fourier afferma che la quantità di calore che attraversa in un secondo una lastra di superficie unitaria è proporzionale all'opposto del gradiente di temperatura del corpo; il fattore di proporzionalità viene detto **λ** conducibilità termica del materiale.

Le sostanze che hanno un elevato λ sono buoni conduttori di calore, come l'oro, l'argento e il rame mentre quelle per cui il coefficiente è basso, come il vetro, l'amianto, il legno, il polistirolo e il ghiaccio, sono definite isolanti termici.

Per i gas è pressoché trascurabile. L'aria, per esempio, ha un coefficiente di conducibilità termica che è quasi 20000 volte minore di quello dell'argento e del rame.

La quantità di calore che attraversa una parete ha molta importanza pratica. Infatti, attraverso muri di una casa c'è passaggio di calore dall'interno all'esterno durante l'inverno e d'estate. Per limitare questo passaggio o si costruiscono pareti molto spesse oppure si usano materiali che hanno coefficienti di conducibilità termica bassi.

Sostanza	t (°C)	λ (W/mK)
<i>Metalli</i>		
Acciaio	20	52
Alluminio	20	220
Argento	20	420
Ghisa	20	50
Oro	40	296
Piombo	20	35
Platino	20	70
Rame	20	380

<i>Metalli liquidi</i>		
Mercurio	10	8
Piombo	500	15
Potassio	500	37
Sodio	500	66
<i>Non metalli</i>		
Amianto sfuso	0	0,15
Asfalto	20	0,7
Calcestruzzo secco	20	0,81
Calcestruzzo umido	20	1,39
Cartone	20	0,14÷0,23
Cartongesso in lastre	20	0,21
Caucciù	20	0,13÷0,23
Celluloide	20	0,35
Cellulosa compressa	20	0,24
Cemento in polvere	20	0,07
Cotone	30	0,04
Gesso	20	0,39
Ghiaccio	0	2,2
Intonaco di calce e gesso	20	0,81
Lana di vetro	0	0,035
Legno di abete e pino	20	0,13÷0,16
Legno di quercia	20	0,18
Linoleum	20	0,19
Marmo	20	2,1÷3,5
Mattoni forati asciutti	20	0,35÷0,81
Mattoni pieni asciutti	20	0,46÷0,7
Muratura in pietra	20	1,39÷2,9
Pietra arenaria	20	1,28÷1,74
Pietra calcarea compatta	20	0,7
Polistirolo espanso	0	0,032
Poliuretano espanso	0	0,021
Sabbia asciutta	20	0,32
Sabbia umida	20	1,16÷1,74
Sughero in lastre	0	0,04
Vetro	15	0,73
<i>Liquidi</i>		
Acqua	0	0,57
Acqua	50	0,64
Acqua	100	0,67
Ammoniaca	0	0,54
Glicerina	20	0,28
<i>Gas ($p = 101325 Pa$)</i>		
Aria	0	0,024
Aria	100	0,031
Azoto	0	0,024
Idrogeno	0	0,16
Ossigeno	0	0,025
Vapor d'acqua saturo	200	0,034

LA CONVEZIONE

La propagazione del calore nei liquidi e nei gas avviene prevalentemente per convezione, e comporta un effettivo moto delle particelle di fluido tra punti a temperature differenti; in effetti, se si produce una differenza di temperatura all'interno di un liquido o di un gas, si stabilisce una corrente materiale di fluido. Il movimento può essere naturale o forzato. Se un liquido o un gas viene riscaldato, la sua *densità* ρ (massa per unità di volume Kg/m³) diminuisce. Trovandosi in un campo gravitazionale, la parte di fluido più calda, e quindi meno densa, sale, mentre la parte più fredda scende. Questo movimento, dovuto solo alla non uniformità della temperatura nel fluido, viene detta convezione naturale. La convezione forzata invece si ottiene se il fluido è sottoposto artificialmente a un gradiente di pressione, che lo mette in movimento, secondo le leggi della meccanica dei fluidi.

Assistiamo a un esempio di convezione naturale nel riscaldamento di una stanza, durante il quale l'aria calda viene spinta a salire lungo i muri, mentre l'aria più fredda è attirata verso il radiatore. Poiché l'aria calda tende a salire e l'aria fredda a scendere, si ottiene la massima efficacia di funzionamento da radiatori e condizionatori d'aria installando i primi presso il suolo, e i secondi vicino al soffitto. Il fenomeno della convezione naturale favorisce la risalita dell'aria calda e del vapore nelle caldaie, e l'aspirazione dell'aria nei camini. La convezione spiega inoltre il movimento delle grandi masse d'aria intorno alla Terra, l'azione dei venti, la formazione delle nuvole, le correnti oceaniche e il trasferimento di calore dall'interno alla superficie del Sole.

IRRAGGIAMENTO

Il trasferimento di calore, da un corpo a temperatura più alta ad un corpo a temperatura più bassa per irraggiamento ha caratteristiche notevolmente diverse rispetto alle due modalità precedenti: si tratta infatti di un fenomeno essenzialmente elettromagnetico, senza l'intervento di mezzi materiali, che lo conducano lo trasportino con moto convettivo, non richiede il contatto diretto tra i corpi e può avvenire anche nel vuoto. In tal caso la trasmissione del calore sotto forma di onde elettromagnetiche, ciò mediante radiazioni emesse dalla sorgente termica.

Legge di Stefan-Boltzman: afferma che l'energia totale irradiata da un corpo nero, (in fisica, nome con cui si indica un corpo ideale che assorbe completamente la radiazione incidente sulla sua superficie, non esiste un corpo reale con tale proprietà), è direttamente proporzionale alla superficie del corpo e alla quarta potenza della sua temperatura assoluta.

$$\dot{Q}_{IRR.} = K * S * T^4 \quad [W] \quad (14)$$

Onde luminose

La luce è un'onda elettromagnetica, cioè è dovuta alla propagazione di campi elettrici e magnetici. La radiazione che forma un fascio luminoso è assimilabile a un fascio di piccoli "proiettili", chiamati fotoni.

Nella tabella è riportato lo spettro elettromagnetico, con i nomi che sono di solito associati ai vari intervalli di frequenza e di lunghezza d'onda.

Per quanto riguarda la luce visibile, ad ogni lunghezza d'onda (e quindi frequenza) corrisponde un colore.

Frequenza, Hz		Lunghezza d'onda, m
10^{23}	}	10^{-14}
10^{22}		
10^{21}	}	10^{-13}
10^{20}		
10^{19}	}	10^{-11}
10^{18}		
10^{17}	}	10^{-9} 1 nm
10^{16}		
10^{15}	}	10^{-7}
10^{14}		
10^{13}	}	10^{-5}
10^{12}		
10^{11}	}	10^{-3}
10^{10}		
10^9	}	10^{-1}
10^8		
10^7	}	10^1
1 MHz 10^6		
10^5	}	10^3 1 km
10^4		
1 kHz 10^3	}	10^5
10^2		
10	}	10^7

LUCE VISIBILE	
400÷ 450nm	violetto
450÷ 500nm	blu
500÷ 550nm	verde
550÷ 600nm	giallo
600÷ 650nm	arancione
650÷ 700nm	rosso