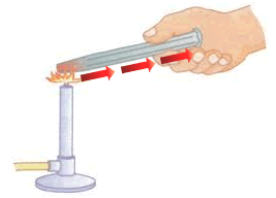


LA CONDUZIONE TERMICA

Tutti hanno presente il fenomeno per cui, tenendo in mano un cucchiaio metallico da un estremo ed infilando l'altro estremo nell'acqua bollente, dopo pochi istanti sentiamo scottare le dita. Altrettanto ovvio è il fenomeno per cui, immergendo una mano (calda) dentro la neve (fredda), la neve si scioglie e la mano si raffredda. Questi due sono esempi di un particolare modo di trasferimento di calore, la **conduzione termica**:



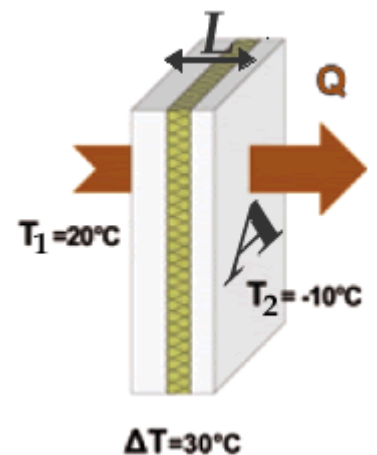
la conduzione termica è il trasferimento di calore per contatto diretto, senza movimenti macroscopici di materia

La conduzione termica è dovuta ai moti microscopici a livello molecolare. Le molecole dei solidi, vibrando, trasferiscono la loro agitazione alle molecole vicine per contatto diretto, realizzando così la propagazione dell'agitazione e quindi del calore per conduzione. In particolare, ciò è dovuto alla agitazione delle molecole (rotazionale e vibrazionale) trasmessa da zone ad alta temperatura verso zone adiacenti a più bassa temperatura dagli urti reciproci fra le molecole. Nel caso particolare dei solidi metallici, oltre a tale meccanismo si deve considerare anche la componente di calore trasferito grazie al moto degli elettroni.

L'entità del calore, che si scambia o che si propaga nel corpo considerato, dipende dalla geometria e dalle caratteristiche di esso oltre che dalla differenza di temperatura tra le due regioni del corpo interessate allo scambio termico. Per esempio, se si riveste un serbatoio di acqua bollente con lana di vetro (materiale isolante termico), si riduce progressivamente l'entità della dispersione termica con l'aumentare dello spessore dell'isolante. Tale dispersione dipenderà inoltre dalla differenza di temperatura tra acqua ed ambiente circostante e dall'estensione dell'area disperdente.

Il postulato di Fourier

Per iniziare lo studio della conduzione e fissare alcuni concetti fondamentali è utile ripercorrere le esperienze di uno scienziato francese del XIX secolo, Jean Fourier (1768 –1830), e considerare un sistema molto semplice, costituito da una barretta parallelepipedica di materiale **omogeneo** (struttura del materiale uniforme in ogni punto) ed **isotropo** (proprietà indipendenti dalla direzione). Le estremità della barretta siano costituite da due superfici piane parallele di **area A** e **distanza L**, mantenute a temperature diverse ed uniformi T_1 e T_2 , con $T_1 > T_2$ e di conseguenza con una **differenza di temperatura** $T_1 - T_2 = \Delta T$.



La differenza di temperatura causa un flusso di calore attraverso l'area A; si riscontra che, dopo un certo intervallo di tempo Δt , attraverso la sbarra è fluito una quantità di calore Q. Sperimentalmente risulta che:

$Q \propto A$ - il calore transitato è proporzionale all'area A della superficie (1a)

$Q \propto \Delta T$ - il calore transitato è proporzionale alla variazione di temperatura fra i due estremi ΔT (1b)

$Q \propto 1/L$ - il calore transitato è inversamente proporzionale alla lunghezza di transito L (1c)

$Q \propto \Delta t$ - il calore transitato è direttamente proporzionale al tempo di transito Δt (1d)

Mettendo tutto insieme:

$$Q \propto A \cdot \Delta T \cdot \Delta t / L \quad (2a)$$

$$Q = K \cdot A \cdot \Delta T \cdot \Delta t / L, \quad K \text{ costante di proporzionalità} \quad (2b)$$

Figura 1. Flusso termico Q attraverso una barretta parallelepipedica di area A e spessore L.

Le relazioni (2a) e (2b) sono note come **postulato di Fourier**.

Dall'eq. (2a) e (2b) si osserva quindi una proporzionalità diretta tra calore fluito, differenza di temperatura ed area della sezione, ed una proporzionalità inversa fra calore fluito e lunghezza della barra. Il fattore di proporzionalità **K** è detto **coefficiente di conduzione termica** o **conduttività termica** del materiale.

K è una proprietà specifica di ogni materiale e si misura in **cal/(m·K)**.

Potenza termica

Nei problemi pratici, però, risulta necessario conoscere la **rapidità** del processo di scambio termico, a volte più ancora della quantità di calore trasferito. Nel dimensionamento di una caldaia, ad esempio, si deve conoscere in quanto tempo una determinata quantità di calore deve essere fornita, e non il valore numerico di questa; tant'è che parliamo di **potenza** della caldaia:

la **potenza termica (Pot)** è il rapporto fra il calore fluito **Q** ed il tempo di flusso **Δt**

La **potenza termica** (o flusso termico) rappresenta perciò la **velocità di trasferimento del calore** ed è misurata in cal/s. Comunque, una volta nota la potenza termica scambiata, con una semplice operazione di moltiplicazione possiamo determinare la quantità totale di calore trasferito in un dato intervallo di tempo. Nel caso della conduzione, la potenza termica P_{ot} è data da:

$$Pot = Q/\Delta t = K \cdot A \cdot \Delta T / L \quad (3)$$

Traiettoria del flusso di calore

Nei corpi riscaldati si avranno delle superfici a temperatura costante (**superfici isoterme**) che nel parallelepipedo di cui sopra approssimativamente possono essere individuate nei piani perpendicolari al suo asse. Si osserva quindi che il flusso termico si propaga in direzione perpendicolare alle superfici isoterme. Tale condizione ha una validità generale: su di un corpo qualsiasi una volta individuata una superficie isoterma il flusso di calore si propagherà in ogni punto in direzione perpendicolare a tale superficie.

Le traiettorie secondo le quali il calore si trasmette per conduzione all'interno del solido sono dette **linee di flusso**. Tali linee sono normali alle superfici isoterme in ogni loro punto, poiché nel caso una linea risultasse obliqua ad una superficie isoterma anche in un solo punto, si avrebbe una componente parallela al piano tangente in quel punto alla superficie isoterma, in contrasto con l'evidenza sperimentale che il calore si trasmette solo tra punti a temperatura diversa.

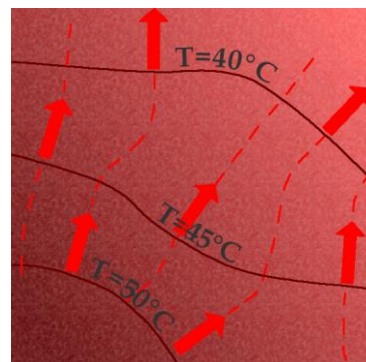


Figura 2: piastra riscaldata con segnate tre isoterme: $T=30^{\circ}\text{C}$, $T=45^{\circ}\text{C}$, $T=50^{\circ}\text{C}$; i flussi di calore sono ad esse ortogonali e seguono le linee di flusso (tratteggiate)

Conduttori ed isolanti termici

Se teniamo in mano, per un'estremità, una sbarretta di ferro e appoggiamo sul fuoco l'altra estremità, dopo un po' di tempo anche l'estremità impugnata comincerà a scottare. Se ripetiamo l'esperimento con una bacchetta di vetro occorre molto più tempo prima che il calore giunga alla nostra mano: in altre parole, a parità di condizioni, la potenza termica nel vetro è inferiore che nel ferro.

La capacità di un corpo di trasmettere il calore dipende dalla natura del corpo, ossia dalle sostanze di cui è costituito: i metalli garantiscono un alto flusso termico e perciò sono, in genere, dei buoni **conduttori** del calore (l'argento più di tutti, poi il rame, l'oro, l'alluminio, il ferro ecc.); al contrario, il vetro, il legno, la plastica sono dei cattivi conduttori, non trasmettono velocemente il calore e spesso vengono utilizzati, proprio per questa proprietà, come **isolanti** termici: la plastica per fare i manici delle pentole, il legno, il sughero, il polistirolo e la lana di vetro per isolare le pareti delle abitazioni e impedire la dispersione del calore ecc. Sono, in genere, cattivi conduttori anche i liquidi e i gas.

La proprietà che permette di distinguere un isolante da un conduttore è il suo valore della conducibilità **K**: i buoni conduttori hanno un alto valore di K mentre un buon isolante ha un basso valore di K. Qua sotto è riportata una Tabella che indica i valori di K per alcune sostanze.

TABELLA DI CONDUCEBILITA'	
Sostanza	Conducibilità K cal/(m·K·s)
Acciaio 5% Ni	6,928
Acciaio 30% Ni	25,084
Aria (in quiete, 20°C)	0,006
Argento	100,334
Asfalto	0,153
Basalto	0,303 – 0,836
Carbone	0,033 – 0,041
Cenere	0,016
Ferro	11,1 - 13,9
Ghiaccio	0,525 – 0,597
Legno di conifere (lungo la fibra)	0,053
Legno di conifere (trasverso alla fibra)	0,031
Neve soffice	0,014
Neve compatta	0,167
Sabbia asciutta	0,084
Sabbia 7% umidità	0,277
Sughero	0,012
Vetro	0,12 – 0,24

Scritto ottenuto rielaborando gli appunti estratti dai siti:

www.fmboschetto.it/didattica/pdf/Trasmissione_del_calore.PDF

www.iuav.it/Ateneo1/docenti/architetto/docenti-st/Carbonari-/materiali-1/cla-03-04-/11_CAP1.pdf

online.scuola.zanichelli.it/chimicafacile/files/2011/02/esp04.pdf