

CORSO DI FISICA 2

TERMOLOGIA

LEZIONE 25

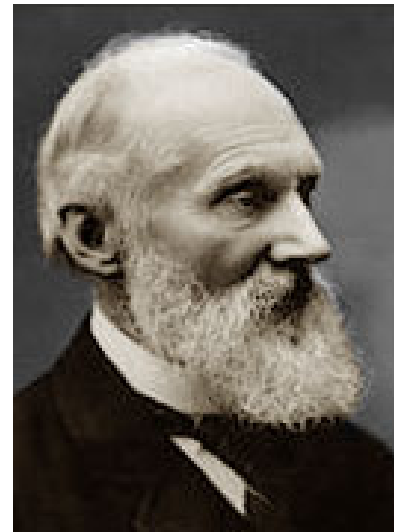
TERMOLOGIA

CALORE – TEMPERATURA – DILATAZIONE TERMICA

L'impulso degli studi della termologia si sono avuti negli ultimi tre secoli. *Anders Celsius e William Thomson Kelvin*, sono due fisici a cui sono dovute le proposte per l'introduzione di due sistemi per misurare la temperatura



A.Celsius
1701-1744



W.T.Kelvin
1824-1830

TERMOLOGIA

CALORE

Il calore è una forma di energia - Calore e lavoro sono energia in transito

L'uomo ha, attraverso una percezione sensoriale, riesce a distinguere un corpo più caldo da uno più freddo.

Comunque la determinazione di una misura solo sulla base della percezione sensoriale è molto soggettiva.

Infatti:

- Se, in una giornata molto fredda, si tocca un oggetto di legno ed uno di ferro, tutte due alla stessa temperatura, quello di ferro ci darà l'impressione di esser più freddo
- Se si tocca lo stesso oggetto con le due mani, che abbiamo tenuto per qualche minuto una in una bacinella di acqua calda e l'altra in una di acqua fredda, otterremo dalle due mani delle sensazioni contraddittorie.

TERMOLOGIA

CALORE: ESPERIENZA DI JOULE EQUIVALENZA CALORE/LAVORO

Esperienza di Joule – mette in relazione calore e lavoro (metà 1800)

Supponiamo di avere dell'acqua contenuta dentro un contenitore termico (adiabatico).

Supponiamo di mettere in movimento l'acqua tramite mulinello meccanico, azionato dalla caduta di pesi (lavoro meccanico $L=mgh$), la temperatura dell'acqua aumenta.

Il lavoro speso è proporzionale alla variazione di temperatura dell'acqua. La costante di proporzionalità si chiama “costante di Joule” e vale $4\,156$ [J].

Occorrono $4\,156$ [J] di lavoro meccanico per aumentare di 1 [K] la temperatura di 1 [kg] d'acqua distillata alla pressione atmosferica .

EQUIVALENZA TRA CALORE E LAVORO

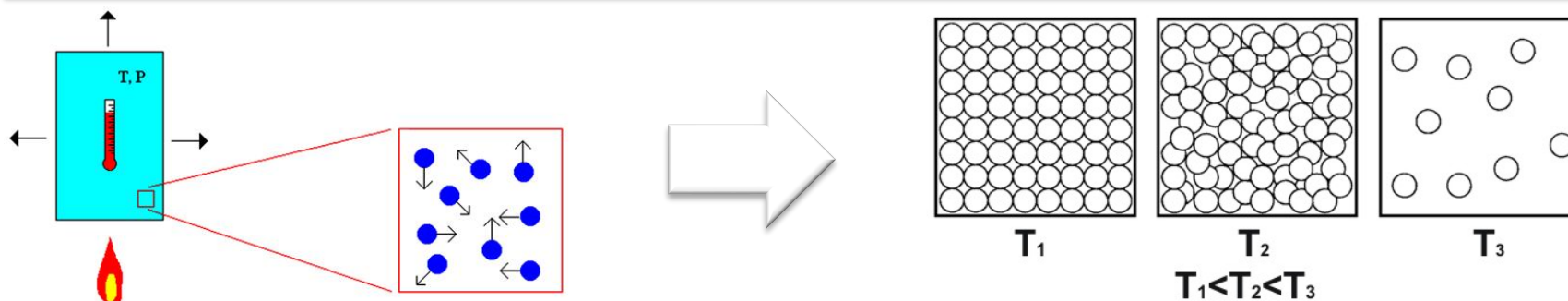
TERMOLOGIA

CALORE

L'energia termica è la forma di energia derivata da una qualsiasi fonte di calore.

L'energia termica di un sistema rappresenta l'energia cinetica media E_c delle particelle del sistema, che tiene conto dei movimenti di traslazione, di rotazione e di vibrazione delle molecole, aumenta con l'aumentare di una grandezza che chiameremo temperatura.

Aumenta anche la distanza reciproca tra le molecole.



TERMOLOGIA

TEMPERATURA

La TEMPERATURA è una grandezza fisica che caratterizza lo stato termico di un corpo (ci dice quanto un corpo è freddo o caldo).

Per aumentare la temperatura di un corpo basta metterlo a contatto con un corpo più caldo.

Temperatura alta  Energia cinetica interna del corpo alta

Temperatura bassa  Energia cinetica interna del corpo bassa

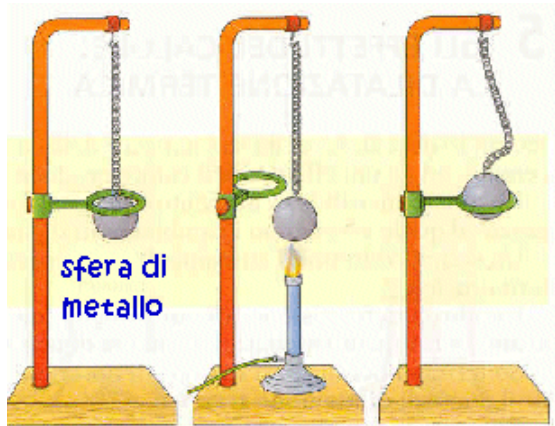
Per darle una definizione è necessario ricorrere a un fenomeno che si ripete sempre nello stesso modo ogni volta che un oggetto viene riscaldato o raffreddato.

Uno di questi fenomeni è la dilatazione termica.

Tutti i corpi quando sono riscaldati si dilatano, cioè aumentano di volume.

TERMOLOGIA

TEMPERATURA: DILATAZIONE TERMICA



ANELLO DI GRAVESANDE

Serve per verificare dilatazione dei corpi.

1. La sfera a temperatura normale passa attraverso l'anello;
2. se viene riscaldata la sfera si dilata e ad un certo punto non passa più.

La dilatazione termica verrà studiata differenziandola per i solidi, liquidi e gas

TERMOLOGIA

TEMPERATURA: DILATAZIONE TERMICA

Lo strumento di misura della temperatura si chiama
TERMOMETRO

Un tipo di termometro si basa sulla dilatazione dei corpi a pressione costante.

Un termometro molto classico è costituito da una certa quantità di mercurio che si espande all'interno di un capillare, la lunghezza del mercurio nel capillare è legata alla temperatura.

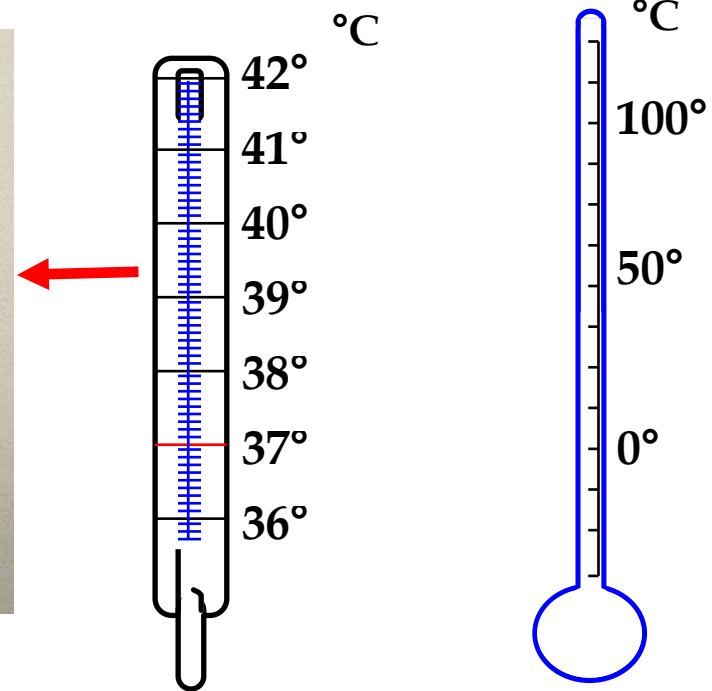
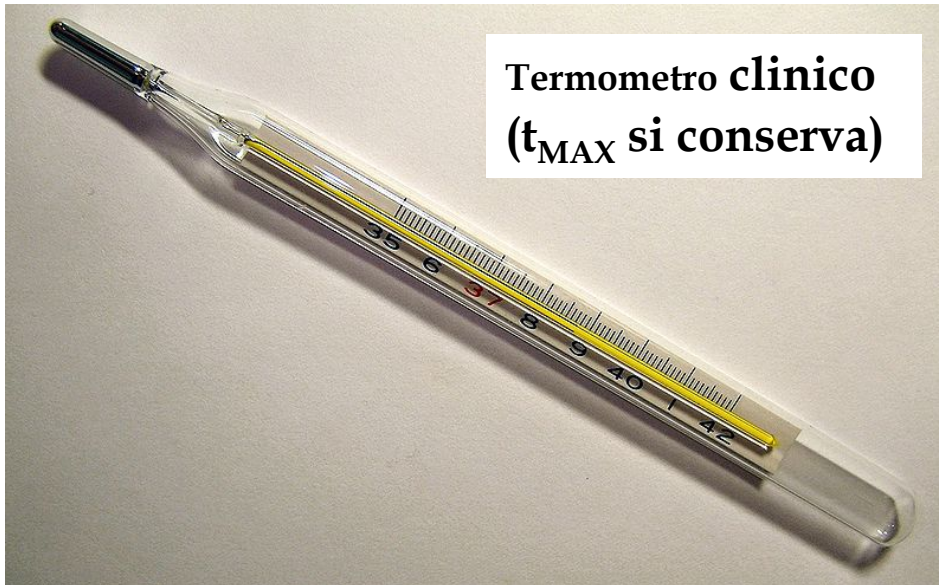
Altri tipi di termometri:

- A gas a volume costante;
- *Termometri elettrici a resistenza;*
- *Termometri a termocoppia.*

TERMOLOGIA

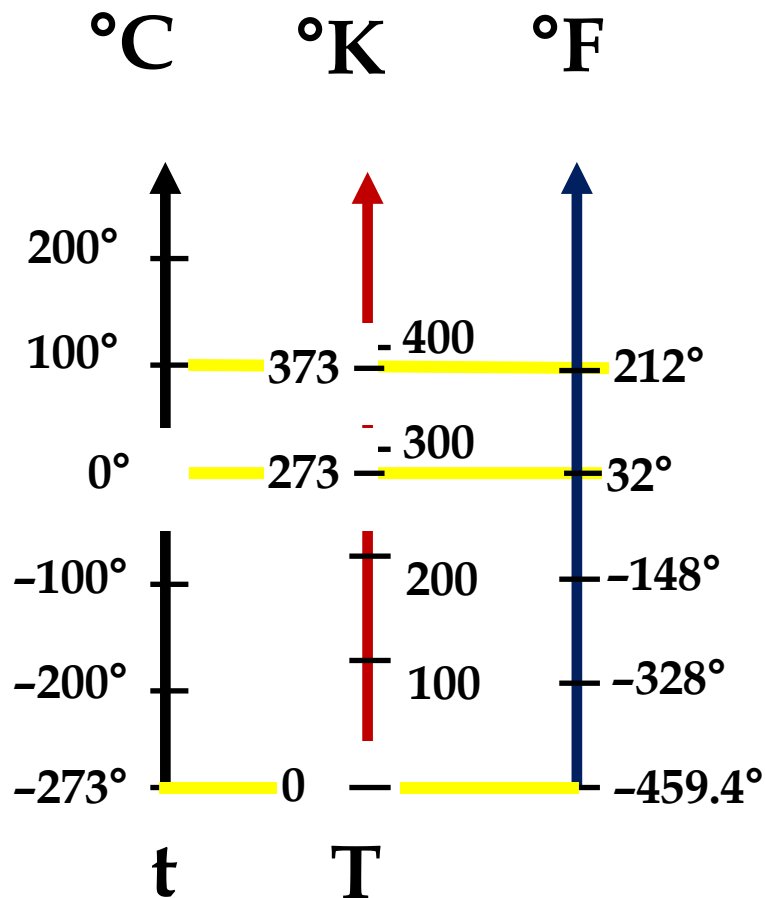
TEMPERATURA: TERMOMETRO A MERCURIO

Il termometro a mercurio sfrutta la dilatazione termica del mercurio che, si espande quando la temperatura aumenta, risalendo nel capillare dove è segnata la scala termometrica.



TERMOLOGIA

TERMOMETRO A MERCURIO - SCALE DI TEMPERATURA



Scala Celsius $\rightarrow [^{\circ}\text{C}]$

0° – 100 [$^{\circ}\text{C}$]

Scala Kelvin $\rightarrow [^{\circ}\text{K}]$

$$T [\text{K}] = t [^{\circ}\text{C}] + 273$$

Scala Fahrenheit $\rightarrow [^{\circ}\text{F}]$

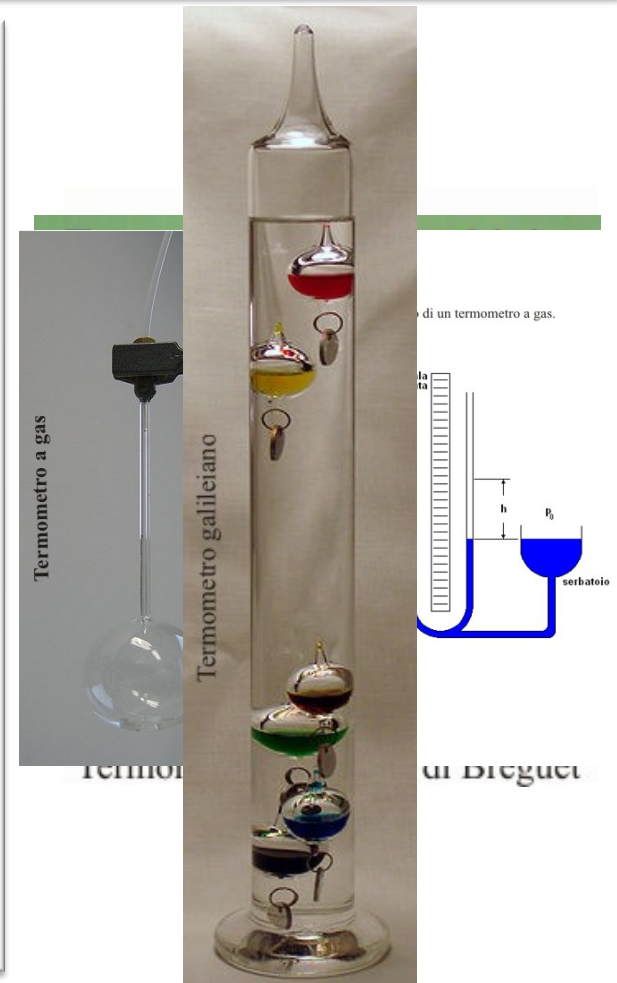
$$t [^{\circ}\text{F}] = 32^{\circ} + \frac{9}{5} t [^{\circ}\text{C}]$$

La scala Kelvin fa parte del SI

TERMOLOGIA

TEMPERATURA: TIPI DITERMOMETRO

- Termometro a liquido
- Termometro a gas
- Termometro a solido
- Termistore
- Termocoppia
- Pirometro
- Termometro bimetallico
- Termometri galileiani
- Termometri a banda adesiva
- Termometro infrarosso a distanza
- Termometro ad orientazione nucleare
- Termometro a vapore saturo



TERMOLOGIA

DILATAZIONE TERMICA DEI SOLIDI

I solidi, come già detto, tendono a dilatarsi se riscaldati e contrarsi se raffreddati.

Studieremo la dilatazione termica dei solidi considerando solo la:

Dilatazione lineare:



Quando ci interessa una sola dimensione o due dimensioni sono trascurabili rispetto alla terza

Dilatazione superficiale:



Quando ci interessano due sole dimensioni o quando la terza dimensione è trascurabile rispetto alle prime due

Dilatazione cubica:

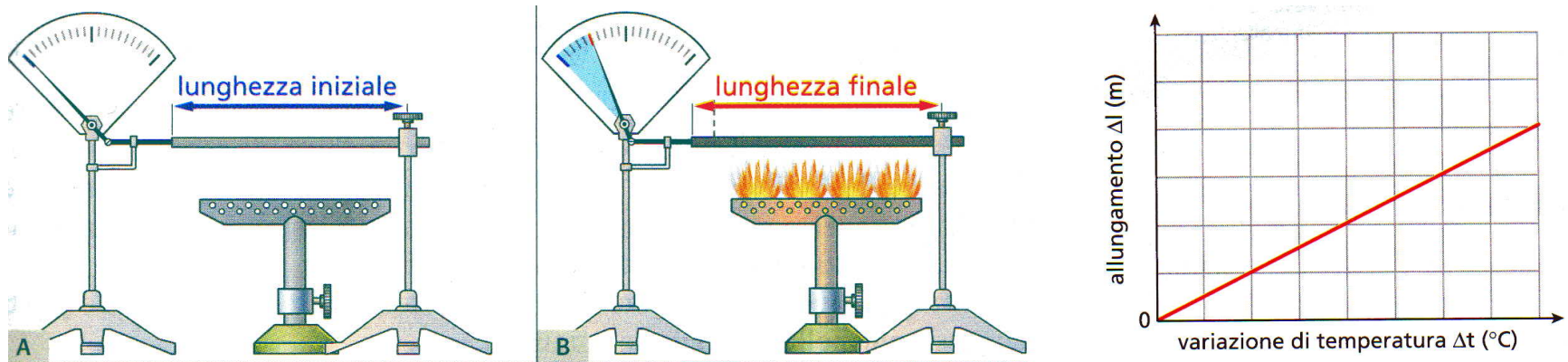


Quando ci interessano tutte le tre dimensioni o le tre dimensioni sono paragonabili

TERMOLOGIA

DILATAZIONE TERMICA DEI SOLIDI – DILATAZIONE LINEARE

l'allungamento Δl di una barra solida è direttamente proporzionale all'aumento di temperatura Δt



$$\Delta L = \lambda \cdot L_0 \cdot \Delta T \quad \Rightarrow \quad L_f - L_0 = \lambda \cdot L_0 \cdot \Delta T$$

$$L_f = L_0 + \lambda \cdot L_0 \cdot \Delta T \quad \Rightarrow \quad L_f = L_0 (1 + \lambda \Delta t)$$

λ = coeff.te di dilatazione lineare-dipende dal materiale-unità misura $[K^{-1}]$

TERMOLOGIA

DILAT. TER. DEI SOLIDI – DILATAZIONE SUPERFICIALE E CUBICA

La legge della dilatazione superficiale e cubica sono simili a quella della dilatazione lineare.

Dilatazione superficiale: La variazione della superficie ΔS di un solido è direttamente proporzionale all'aumento di temperatura Δt

$$\Delta S = \beta \cdot S_0 \cdot \Delta T \quad \Rightarrow \quad S_f = S_0 (1 + \beta \Delta t)$$

Dilatazione cubica: La variazione della superficie ΔV di un solido è direttamente proporzionale all'aumento di temperatura Δt

$$\Delta V = \alpha \cdot V_0 \cdot \Delta T \quad \Rightarrow \quad V_f = V_0 (1 + \alpha \Delta t)$$

β =coeff.te di dilatazione superficiale-dipende dal materiale-unità misura $[K^{-1}]$

α = coefficiente di dilatazione cubica-dipende dal materiale-unità misura $[K^{-1}]$

TERMOLOGIA

DILATAZIONE TERMICA DEI SOLIDI – LEGGI (FORMULE)

Dilatazione cubica :

$$V_f = V_0 (1 + \alpha \Delta t)$$



$$\Delta V = \alpha V_0 \Delta t$$

Dilatazione superficiale :

$$S_f = S_0 (1 + \beta \Delta t)$$



$$\Delta S = \beta S_0 \Delta t$$

Dilatazione lineare:

$$L_f = L_0 (1 + \lambda \Delta t)$$



$$\Delta L = \lambda L_0 \Delta t$$

λ =coefficiente di dilatazione lineare
 β =coeff.te di dilatazione superficiale
 α = coefficiente di dilatazione cubica

$\alpha \beta \lambda \rightarrow$ unità misura $[K^{-1}]$
Relazioni: $\alpha = 3\lambda$ $\beta = 2 \cdot \lambda$
 $\alpha = 2\beta$

TERMOLOGIA

COEFFICIENTI DILATAZIONE TERMICA DEI SOLIDI

Coefficiente di dilatazione lineare a 20 °C

Sostanza	λ [°C ⁻¹]	Sostanza	λ [°C ⁻¹]
Acciaio	$1,2 \times 10^{-5}$	Ottone	$1,9 \times 10^{-5}$
Alluminio	$2,4 \times 10^{-5}$	Piombo	$2,9 \times 10^{-5}$
Cemento	$1,2 \times 10^{-5}$	Rame	$1,7 \times 10^{-5}$
Ferro	$9,1 \times 10^{-6}$	Vetro	$1,0 \times 10^{-5}$
Invar (lega Fe-Ni)	$7,0 \times 10^{-7}$	Quarzo	$7,0 \times 10^{-7}$
Superinvar (lega Fe-Ni-Cr)	$8,0 \times 10^{-8}$	Silicio	3×10^{-6}
Oro	$14,30 \times 10^{-6}$	Tungsteno	$4,50 \times 10^{-6}$
Cloroformio	140×10^{-6}	Vetro	9×10^{-6}
Platino	9×10^{-6}	Glicerina	53×10^{-6}
Pyrex	4×10^{-6}	Acqua	18×10^{-6}
Quarzo fuso	$0,59 \times 10^{-6}$	Alcool etilico	104×10^{-6}
Mercurio	18×10^{-6}	Benzina	96×10^{-6}

TERMOLOGIA

DILATAZIONE DEI LIQUIDI

Nel caso dei liquidi non è possibile parlare di dilatazione lineare o superficiale.

Si parla solo di dilatazione di volume, o cubica

$$\Delta V = \alpha V_0 \Delta T$$

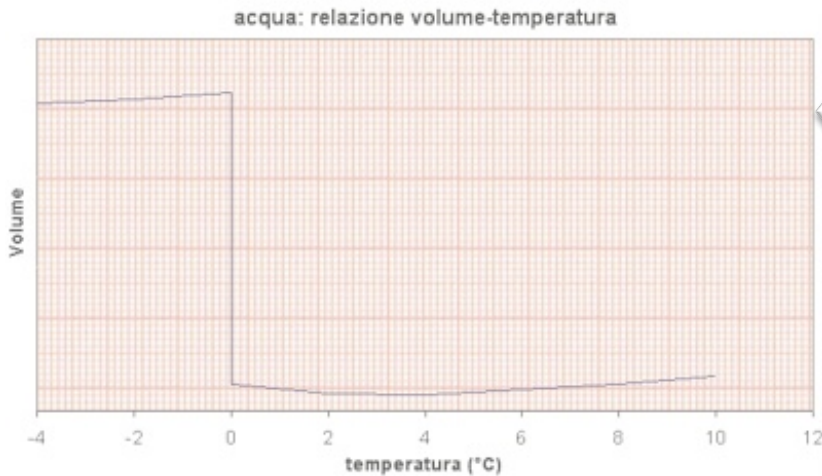
- I valori di α (coefficiente di dilatazione per i liquidi) sono più grandi, circa un fattore 10, dei corrispondenti valori per i solidi (legame molecolare più debole) .
- α varia poco con la temperatura.
- α generalmente > 0 (se T aumenta V anche).
- la densità diminuisce all'aumentare della temperatura

TERMOLOGIA

DILATAZIONE DEI LIQUIDI: COMPORTAMENTO ANOMOLO DELL'ACQUA

Il comportamento anomalo dell'acqua riguarda solo l'intervallo di temperatura compreso fra 0 e 4°C, ciò significa che:

- 1.a partire da 4°C, se la temperatura aumenta, l'acqua allo stato liquido si dilata,
- 2.a partire dal ghiaccio a 0°C, se la temperatura diminuisce, l'acqua allo stato solido si contrae.
- 3.invece fornendo calore a del ghiaccio a 0°C, esso fonde riducendo il proprio volume in ragione del 10% circa, e il volume continua a diminuire fino a raggiungere il suo minimo a 4°C.



Il grafico seguente rappresenta la relazione temperatura-volume dell'acqua fra i -4°C e i 10°C.

Il fenomeno è dovuto ai particolari legami che si instaurano fra le molecole d'acqua, i ponti di idrogeno.