



FISICA

TERMOLOGIA

*Autore: prof. Pappalardo Vincenzo
docente di Matematica e Fisica*

1.TEMPERATURA ED EQUILIBRIO TERMICO

Tutti i fenomeni termici, come per esempio la dilatazione dei corpi quando sono riscaldati, o anche la liquefazione delle sostanze solide e l'ebollizione dei liquidi conseguente al riscaldamento, derivano dalle proprietà microscopiche della materia: composizione e struttura dei corpi, stato di moto delle molecole che li costituiscono, dalle variazioni di questo stato dovute a scambi energetici con l'ambiente circostante.

Il punto di vista microscopico ci permette di comprendere i meccanismi fondamentali che sono alla base dei fenomeni termici.

I fenomeni termici possono comunque essere descritti in maniera molto soddisfacente introducendo opportune grandezze macroscopiche, fra cui la temperatura.

DEFINIZIONE

Lo stato termico di un corpo indica se la sostanza ci dà la sensazione fisica di caldo o di freddo.

DEFINIZIONE

La temperatura è una grandezza fisica scalare associata allo stato termico di un corpo.

DEFINIZIONE

Il termometro è uno strumento tarato che serve per misurare, non direttamente, ma attraverso la variazione di certe proprietà fisiche del corpo, la temperatura di un corpo.

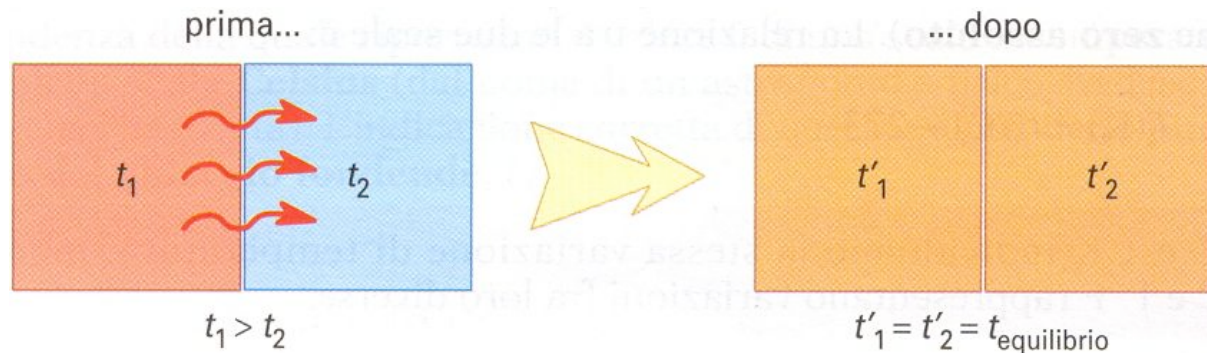
Il termometro ci permette di associare allo stato energetico interno del corpo un ben definito valore della temperatura, sfruttando il principio che, quando cambia la temperatura cambia anche qualche altra proprietà fisica: il volume per un liquido, la pressione (a volume costante) per un gas, la resistenza elettrica di un materiale conduttore, la lunghezza di una sbarra, il colore della luce emessa da un corpo incandescente, ecc.

Le variazioni di tutte queste grandezze possono essere sfruttate per realizzare vari tipi di termometri.

Un termometro non misura mai direttamente la temperatura, ma la variazione di una determinata proprietà fisica della sostanza (*sostanza termometrica*) o del sistema da cui è costituito.

DEFINIZIONE

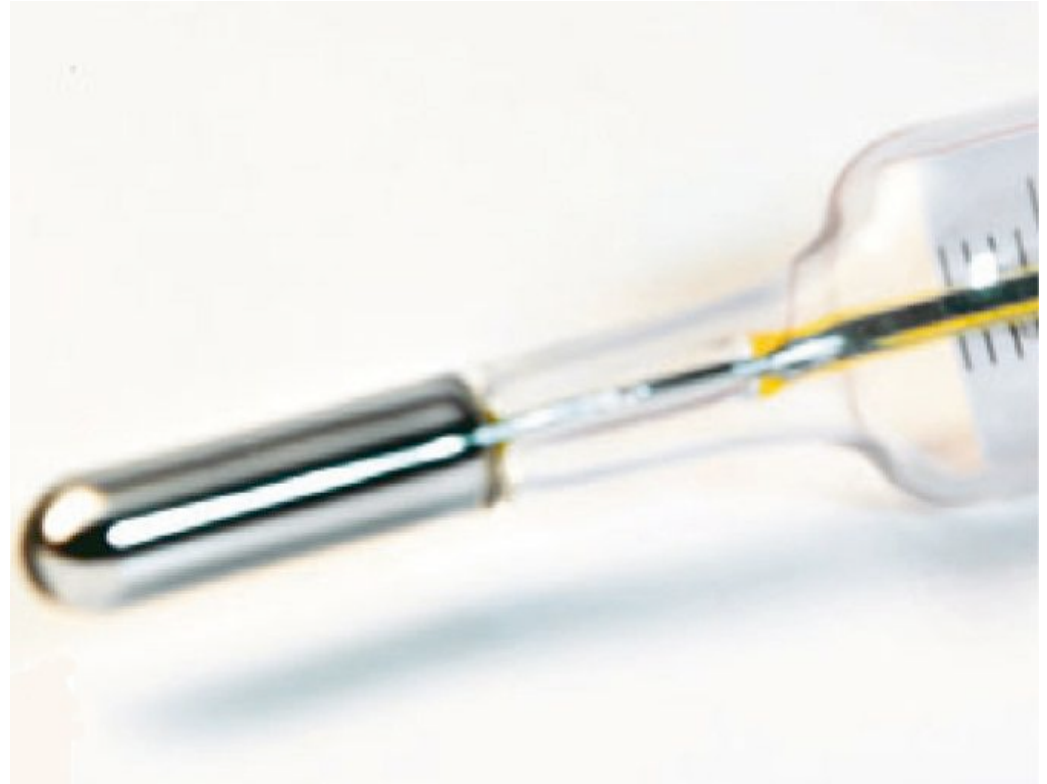
Due corpi si dicono in *equilibrio termico* quando si trovano nello stato termico, cioè quando hanno la stessa temperatura.

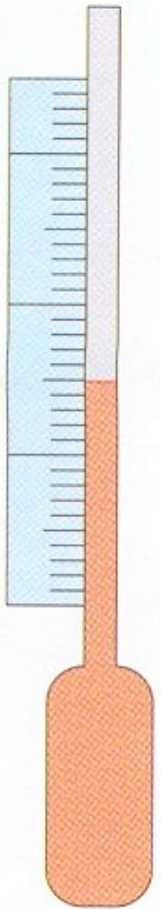


Si osserva sperimentalmente che due corpi qualsiasi, se posti a contatto termico fra loro (scambio energetico, cioè passaggio di calore), raggiungono, dopo un certo intervallo di tempo, uno stato di equilibrio, detto **equilibrio termico**, nel quale non c'è più passaggio netto di energia dall'uno all'altro.

Allora, possiamo definire operativamente la temperatura come:

La **temperatura** di un corpo è quella grandezza scalare che si misura con un termometro, quando quest'ultimo raggiunge l'equilibrio termico con il corpo.





Nel termometro a mercurio, è l'altezza della colonna di mercurio, in seguito alla dilatazione, che varia in funzione della temperatura.

Per misurare la temperatura, dobbiamo conoscere la relazione matematica tra la sostanza termometrica (colonna di mercurio) e la temperatura.

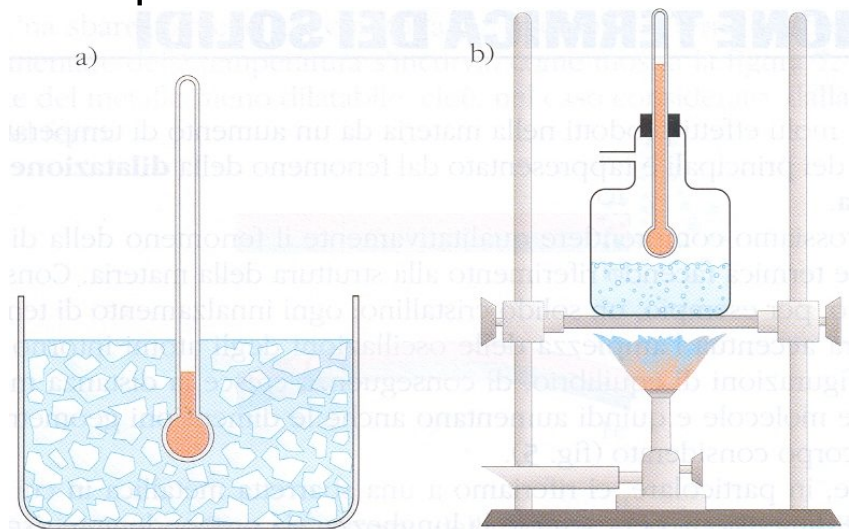
La temperatura e l'altezza della colonna liquida sono direttamente proporzionali.

Ma come si tara un termometro? Ossia, come si associa alla colonna di mercurio una determinata temperatura (scala termometrica)?

Si stabiliscono due temperature fisse di riferimento, cioè assegnando valori arbitrari a due temperature facilmente riproducibili: per convenzione, le temperature di riferimento sono quelle del ghiaccio fondente e dei vapori di acqua bollente, entrambe alla pressione di 1 atm.

Nella scala Celsius (proposta dallo svedese **Anders Celsius nel 1742**) si assegna il valore 0°C alla temperatura del ghiaccio fondente e 100°C alla temperatura di ebollizione dell'acqua.

L'intervallo fra i due livelli viene poi suddiviso in 100 parti uguali, ciascuna pari 1°C .



Nella **scala Fahrenheit** si assegna il valore di $32\text{ }^{\circ}\text{F}$ alla temperatura del ghiaccio fondente e quello di $212\text{ }^{\circ}\text{F}$ a quella dei vapori di acqua bollente, in modo da dividere l'intervallo fra i punti fissi in 180 parti uguali.

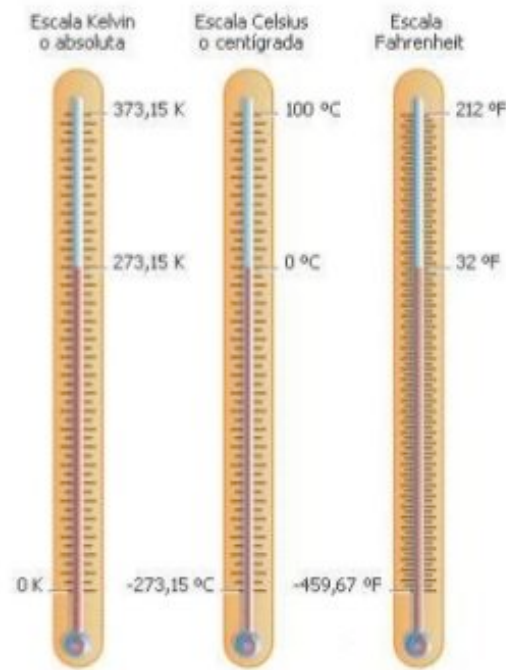
Nel SI, si usa la **scala assoluta**, nella quale l'intervallo di temperatura unitario, il grado kelvin (K), è uguale a un grado Celsius, ma come punto di fusione del ghiaccio viene assunto il valore $273,15\text{ K}$. Il punto zero della scala assoluta, corrispondente a $-273,15\text{ }^{\circ}\text{C}$ è chiamato zero assoluto, e rappresenta la più bassa temperatura raggiungibile. La temperatura misurata nella scala assoluta è detta **temperatura assoluta** e si indica con T .

Correlazione tra le scale di temperatura

$$\frac{t(^{\circ}\text{C})}{100} = \frac{t(^{\circ}\text{F}) - 32}{180} = \frac{T(\text{K}) - 273}{100}$$

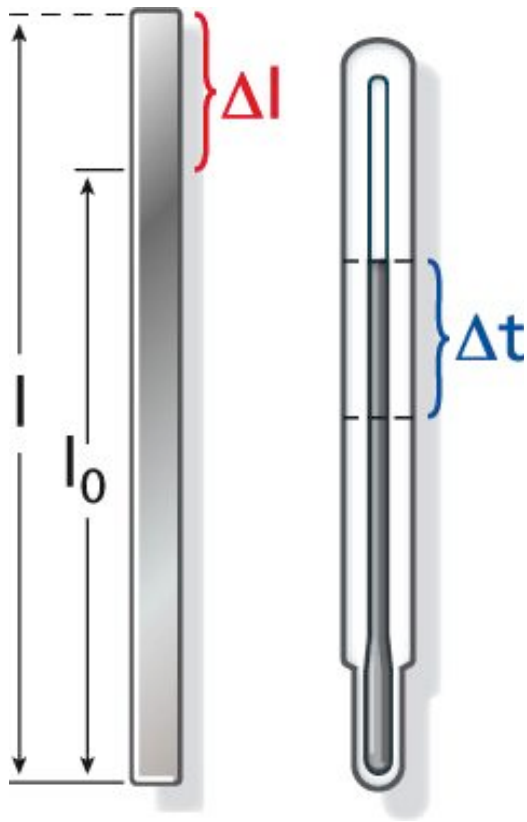
La misura della temperatura

- Scale termometriche
 - CELSIUS ($^{\circ}\text{C}$)
 - 0 – 100
 - KELVIN (K)
 - $T(\text{K}) = T(^{\circ}\text{C}) + 273^{\circ}$
 - FAHRENHEIT ($^{\circ}\text{F}$)
 - $T(^{\circ}\text{F}) = 32^{\circ} + 9 * T(^{\circ}\text{C}) / 5$
- La scala Celsius e la scala Kelvin sono scale centigrade, la scala Fahrenheit no!



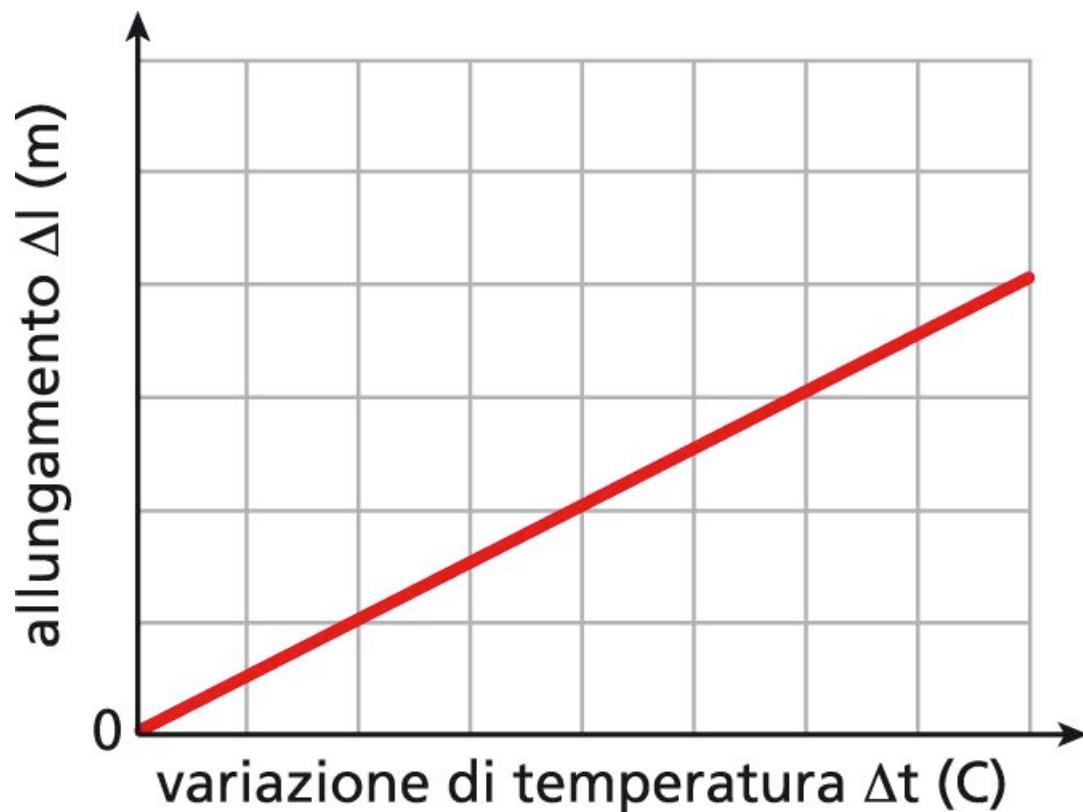
Fra i molti effetti prodotti nella materia da un aumento di temperatura, uno dei principali è rappresentato dal fenomeno della dilatazione termica.

SPIEGAZIONE DEL FENOMENO - Possiamo comprendere qualitativamente il fenomeno della dilatazione termica facendo riferimento alla struttura della materia. Consideriamo, per esempio, un solido cristallino: ogni innalzamento di temperatura accentua l'ampiezza delle oscillazioni degli atomi intorno alle configurazioni di equilibrio, di conseguenza cresce la distanza media fra le molecole e quindi aumentano anche le dimensioni geometriche del corpo considerato.



Se in una sbarretta metallica la lunghezza è preponderante rispetto alle altre due, l'allungamento provocato dall'aumento di temperatura prende il nome di **dilatazione lineare**.

La variazione di lunghezza con la temperatura è espressa con buona approssimazione, se l'incremento di temperatura non è molto ampio, da una relazione lineare:



Sostanza	λ ($^{\circ}\text{C}^{-1}$)
ferro	$12 \cdot 10^{-6}$
rame	$17 \cdot 10^{-6}$
platino	$9 \cdot 10^{-6}$
zinco	$31 \cdot 10^{-6}$
alluminio	$24 \cdot 10^{-6}$
bronzo	$18 \cdot 10^{-6}$
vetro pirex	$3 \cdot 10^{-6}$
argento	$19 \cdot 10^{-6}$
oro	$14 \cdot 10^{-6}$
piombo	$30 \cdot 10^{-6}$
cobalto	$12 \cdot 10^{-6}$
antimonio	$11 \cdot 10^{-6}$
nichel	$13 \cdot 10^{-6}$
wolframio (tungsteno)	$5 \cdot 10^{-6}$
costantana	$15 \cdot 10^{-6}$
invar	$2 \cdot 10^{-6}$

Tabella Coefficienti di dilatazione lineare medi, fra 0°C e 100°C , di alcuni solidi.

$$\underbrace{l - l_0}_{\Delta l} = l_0 \lambda \Delta t$$

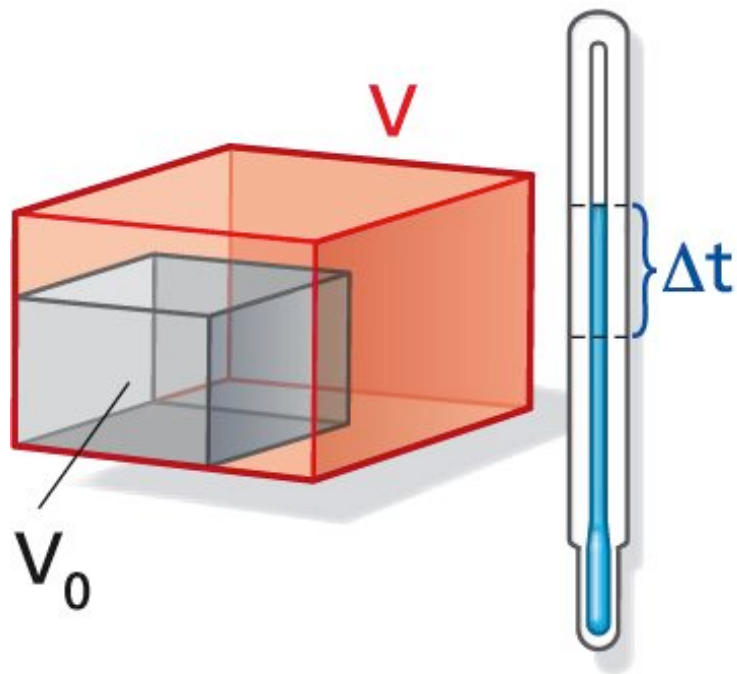
allungamento (m) —————

lunghezza iniziale (m) —————

coefficiente di dilatazione lineare ($^{\circ}\text{C}^{-1}$ o K^{-1}) —————

variazione di temperatura ($^{\circ}\text{C}$ o K) —————

$l_0 \lambda$ = coefficiente angolare della retta



La **dilatazione volumica** dei solidi, valida qualunque sia la forma del corpo considerato, nell'ipotesi che esso si espanda in modo uniforme in tutte le direzioni, segue anche essa una legge di tipo lineare:

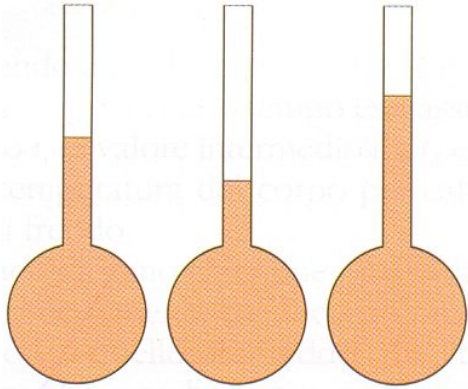
$$V = V_0(1 + \alpha \Delta t)$$

volume finale (m^3) — V — volume iniziale (m^3) — V_0 —
coefficiente di dilatazione volumica ($^{\circ}\text{C}^{-1}$ o K^{-1}) — α —
 $\alpha \approx 3\lambda$
variazione di temperatura ($^{\circ}\text{C}$ o K) — Δt —



Nella progettazione delle rotaie e dei ponti in ferro è necessario tener conto della dilatazione termica.

4.DILATAZIONE TERMICA DEI LIQUIDI



Come i solidi, i liquidi si dilatano con l'aumentare della temperatura. Lo studio del loro comportamento è un po' più complicato per il fatto che contemporaneamente anche i loro recipienti possono subire dilatazioni volumiche consistenti.

La legge della **dilatazione volumica** di un liquido è la stessa, da un punto di vista matematico, di quella dei solidi:

$$V - V_0 = \Delta V = \alpha V_0 \Delta t \Rightarrow V = V_0(1 + \alpha \Delta t)$$

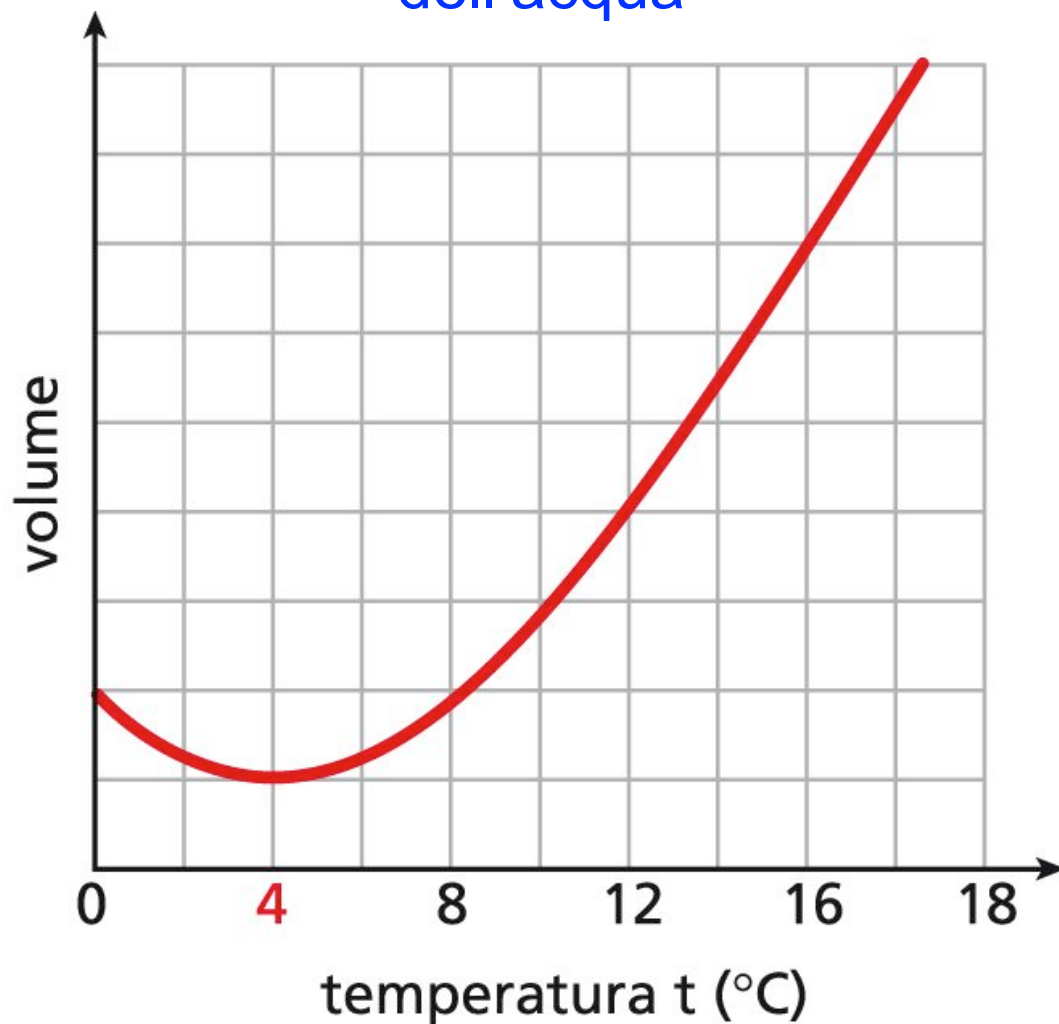
α = coefficiente di dilatazione volumica del liquido

Liquido	α (°C ⁻¹)
alcool etilico	$11 \cdot 10^{-4}$
mercurio	$1,8 \cdot 10^{-4}$
etere	$16 \cdot 10^{-4}$
glicerina	$5 \cdot 10^{-4}$
petrolio	$9,2 \cdot 10^{-4}$
acetone	$14,3 \cdot 10^{-4}$
trementina	$9,6 \cdot 10^{-4}$
acido acetico	$10,7 \cdot 10^{-4}$
carbonio	$11,9 \cdot 10^{-4}$
benzolo	$12,1 \cdot 10^{-4}$

Tabella Coefficienti di dilatazione volumica di alcuni liquidi.

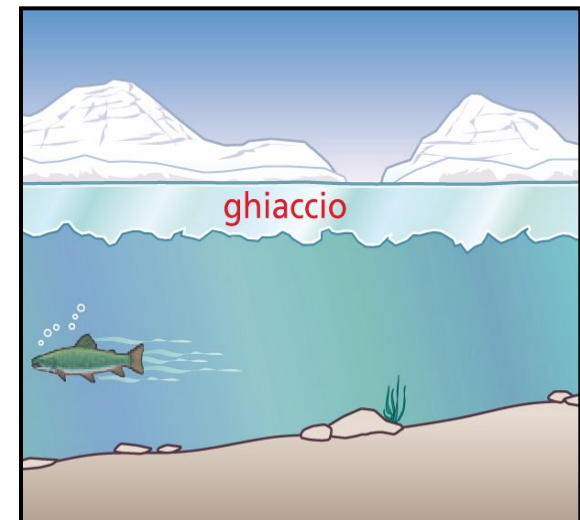
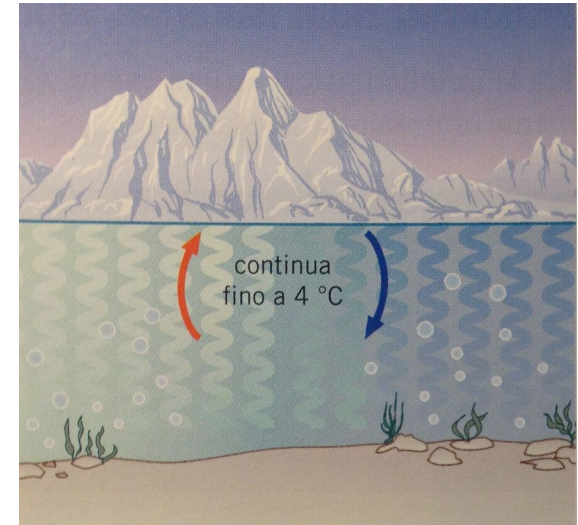
L'acqua ha un comportamento anomalo: con l'aumentare della temperatura da 0°C a 4°C subisce una diminuzione di volume, mentre al di sopra di 4°C si dilata come gli altri liquidi.

Il comportamento anomalo dell'acqua

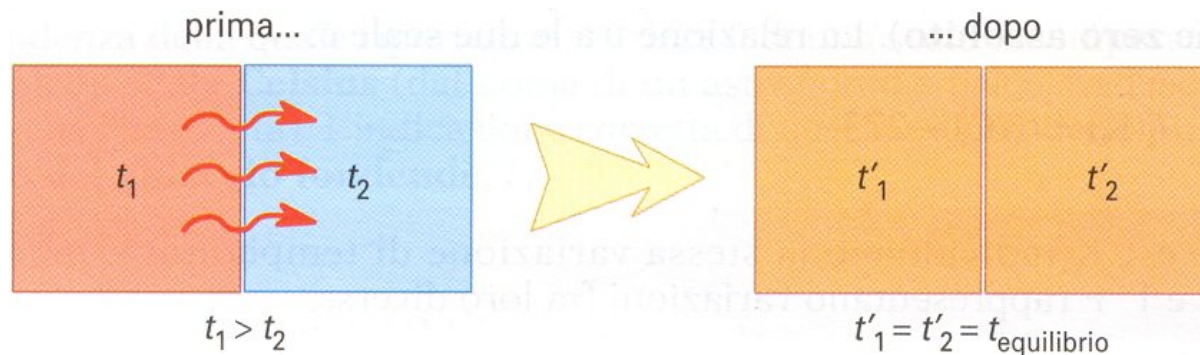


Lo strano comportamento dell'acqua ha importanti conseguenze in natura: l'acqua del mare, dei laghi e dei fiumi gela solo in superficie permettendo così la vita sul fondo.

Spiegazione – Quando la temperatura si abbassa, l'acqua in superficie comincia a raffreddarsi. Il volume dello strato superficiale diminuisce e la densità aumenta. Per la legge di Archimede, lo strato superficiale più denso scende verso il fondo, e dal basso sale l'acqua più calda (meno densa). Il processo continua fino a 4 °C. Se la temperatura continua a diminuire, questa volta il volume dello strato superficiale aumenta e la densità diminuisce, per cui l'acqua, adesso, è meno densa di quella sotto. Per la legge di Archimede lo strato superficiale non scende e continua a raffreddarsi fino a diventare ghiaccio.



Sappiamo che ponendo a contatto due corpi A e B, di temperatura rispettivamente t_A e t_B , dopo un certo tempo essi assumono la stessa **temperatura di equilibrio t** .



Quando ciò accade significa che i due corpi hanno scambiato una quantità di calore e precisamente che il corpo più caldo ha ceduto una certa quantità di calore a quello più freddo, che l'ha assorbita.

DEFINIZIONE

Il **calore** rappresenta *un trasferimento di energia*, che avviene spontaneamente dal corpo più caldo a quello più freddo, a causa di una differenza di temperatura. In altri termini il calore è una quantità di "energia in transito".

Unità di misura del calore:
poiché il calore rappresenta una variazione di energia, o meglio, una quantità di energia trasferita, la sua unità di misura, nel SI è il **joule**:

Unità di misura del calore:
la **caloria** (cal), definita come la quantità di calore che si deve fornire alla massa di 1 g di acqua per elevare la sua temperatura da 14,5 °C a 15,5 °C.

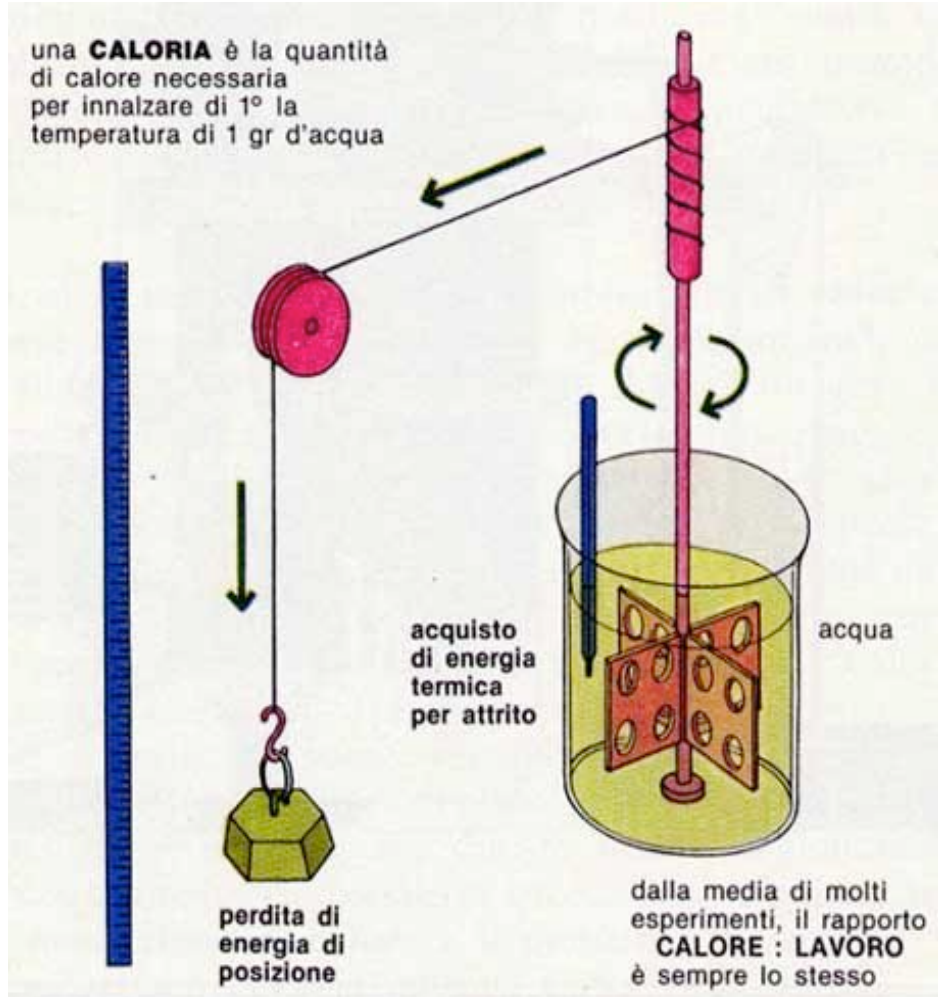
$$1 \text{ cal} = 4,186 \text{ J}$$

Per misurare il calore ceduto o assorbito da un corpo ci si avvale di opportuni dispositivi detti **calorimetri**.



Chi ha dimostrato che il calore è una
forma di energia?

Esperimento di Joule



PRINCIPIO DI EQUIVALENZA

Il lavoro L (espresso in joule) necessario per ottenere un dato incremento di temperatura è direttamente proporzionale alla quantità di calore Q (espressa in calorie) che bisogna fornire per ottenere lo stesso incremento:

$$\frac{L}{Q} = J$$

$J = 4,186 \text{ J/cal} = \text{equivalente meccanico del calore}$

L'energia non si dissipa, ma si conserva pur trasformandosi. Il calore e lavoro diventano due aspetti diversi dell'energia che è possibile trasformare l'uno nell'altro e viceversa.

Sperimentalmente si è trovato che la quantità di calore necessaria per far variare la temperatura di un corpo è proporzionale alla massa del corpo e alla variazione della temperatura e dipende, inoltre, dalla sostanza di cui è costituito il corpo.

LEGGE FONDAMENTALE DELLA CALORIMETRIA

Il calore Q che deve assorbire o cedere una sostanza di massa m perché la sua temperatura subisca la variazione di temperatura Δt è dato da:

$$Q = mc\Delta t \quad \Delta t = t_f - t_i$$

c =calore specifico è una costante caratteristica della sostanza

$C = mc \Rightarrow$ Si chiama **capacità termica** del corpo

Se il sistema è *completamente isolato*, nel senso che l'energia non può fluire dentro o fuori di esso né sotto forma di lavoro meccanico né sotto forma di calore, il principio di conservazione dell'energia impone che *il calore ceduto da un corpo sia uguale al calore assorbito dall'altro*.

$$Q_{\text{ceduto}} = Q_{\text{assorbito}} \quad m_1 c_1 (t_{i1} - t_e) = m_2 c_2 (t_e - t_{i2})$$

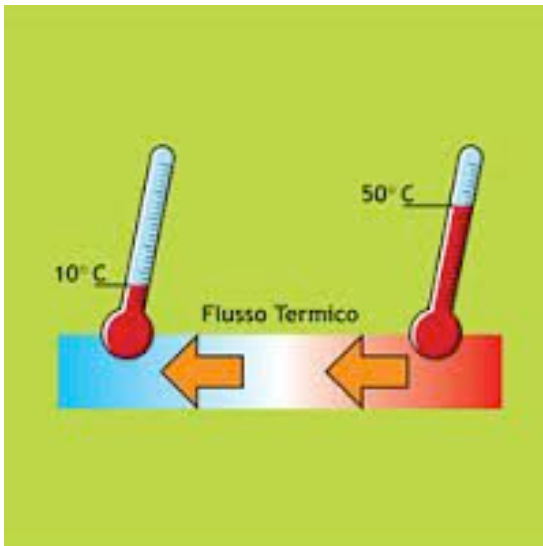
Questa equazione verrà ampiamente applicata negli esercizi.

Sostanza	Calore specifico (cal g ⁻¹ °C ⁻¹)	Calore specifico (J kg ⁻¹ °C ⁻¹)	Sostanza	Calore specifico (cal g ⁻¹ °C ⁻¹)	Calore specifico (J kg ⁻¹ °C ⁻¹)
rame	0,0920	385	ottone	0,0908	380
alluminio	0,214	896	acqua (0 °C)	1,008	4218
zinco	0,0929	389	acqua (15 °C)	1,000	4186
oro	0,0308	129	acqua di mare	0,939	3930
argento	0,0571	239	glicerina	0,571	2390
piombo	0,0308	129	alcool etilico	0,581	2430
ferro	0,108	452	benzina	0,535	2240
stagno	0,0571	239	mercurio	0,0332	139
carbone	0,287	1200	olio	0,442	1850
zolfo	0,175	733	petrolio	0,454	1900
silicio	0,162	678	idrogeno	3,411	14280
vetro	0,191	800	ossigeno	0,219	917
ghiaccio (0 °C)	0,487	2040	azoto	0,248	1038
ghiaccio (-20 °C)	0,466	1950	anidride carbonica	0,200	837
bronzo	0,0908	380	vapore d'acqua (100 °C)	0,463	1940
invar	0,110	460			

L'acqua, in natura, rappresenta una specie di serbatoio termico, cioè un elemento equilibratore che tende a far variare molto lentamente la temperatura dell'ambiente in cui è presente in notevole quantità.

6. PROPAGAZIONE DEL CALORE

La propagazione del calore o meglio dell'energia termica fra due corpi a diverse temperature può avvenire secondo tre processi: *conduzione*; *convezione*; *irraggiamento termico*.



Conduzione

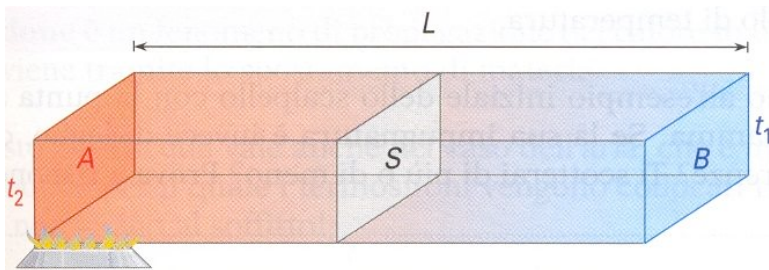
Il processo di *conduzione*, caratteristico dei corpi solidi, si verifica quando, attraverso una successione continua di mezzi materiali, il calore passa da un corpo a temperatura maggiore a un altro a temperatura minore, senza che vi sia spostamento di materia o alterazione macroscopica dei mezzi.

LEGGE DELLA CONDUZIONE TERMICA

In regime stazionario, la quantità di calore condotta nel tempo τ attraverso una lastra omogenea di lunghezza L a facce piane e parallele di area S è:

$$Q = \frac{hS(t_2 - t_1)\tau}{L}$$

dove t_1 e t_2 sono le temperature alle quali sono mantenute le due facce della lastra e h è una costante di proporzionalità detta coefficiente di conducibilità termica interna, caratteristico del materiale.



regime stazionario: la temperatura in ogni punto della lastra è costante nel tempo e attraverso ogni sezione parallela alle due facce passa, nell'unità di tempo, la stessa quantità di calore.

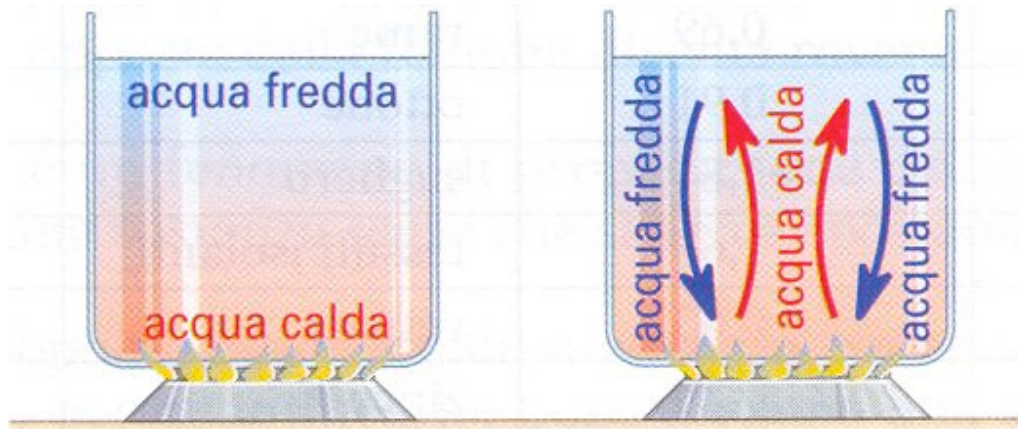
Materiale	Coefficiente h $\text{kcal h}^{-1} \text{m}^{-1} \text{°C}^{-1}$	Materiale	Coefficiente h $\text{kcal h}^{-1} \text{m}^{-1} \text{°C}^{-1}$
cartone	0,15	polistirolo espanso	0,023
aria secca (1 atm)	0,021	amianto	0,22
rame	330	ghiaccio	1,6
alluminio	178	zinco	0,5
acqua	0,55	legno	0,07
oro	258	mattoni	0,3-0,7
marmo	30	piombo	30
vetro	0,5	sughero	0,045
gesso	0,35	lana	0,041
sale da cucina	0,048	cemento	0,8
ferro	60	calcestruzzo	1,0
argento	360	muratura in pietra	2,5

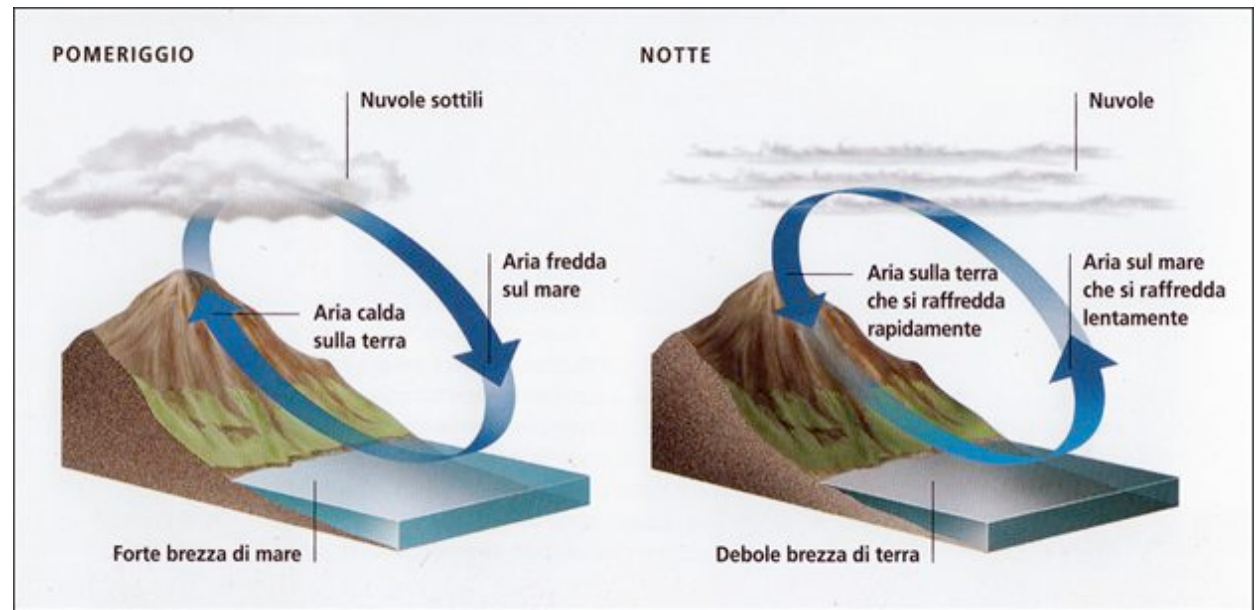
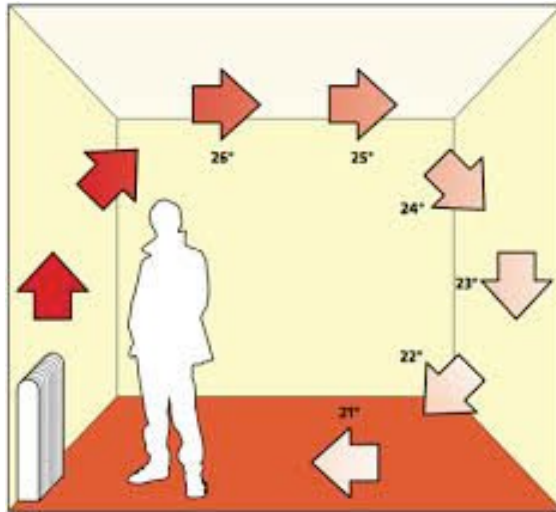
Anche se non esiste una netta separazione, i materiali vengono distinti in *buoni conduttori* (quelli con h piuttosto grande) e *cattivi conduttori* o **isolanti** (con piccolo h).

Convezione

Consiste nello spostamento di volumi di fluido dalle zone a temperatura maggiore a quelle a temperatura minore e viceversa: il fluido caldo, meno denso di quello freddo, tende infatti a salire verso l'alto, essendo così rimpiazzato da quello freddo.

La propagazione del calore per convezione è dunque accompagnata da trasporto di materia e per questo può avvenire solo nei fluidi.





Il processo di convezione ha un ruolo fondamentale in alcuni fenomeni atmosferici, come la formazione dei venti, e nelle correnti marine. Esso trova applicazione nella costruzione degli impianti di riscaldamento a termosifoni, nei quali sia la circolazione dell'acqua all'interno dei tubi, sia la trasmissione del calore all'ambiente è regolata da moti convettivi.

La convezione è un fenomeno fisico piuttosto complesso, e questo trasferimento di calore non può essere espresso mediante una precisa relazione matematica. Un caso piuttosto semplice si ha considerando un oggetto caldo immerso in un fluido in quiete.

Convezione

In regime stazionario, la quantità di calore Q che l'oggetto caldo, delimitato dalla superficie S alla temperatura t , cede nell'intervallo di tempo τ al fluido, la cui temperatura, misurata in un punto distante dalla superficie del corpo, è t_0 , è data dalla relazione:

$$Q = \lambda_e (t - t_0) S \tau$$

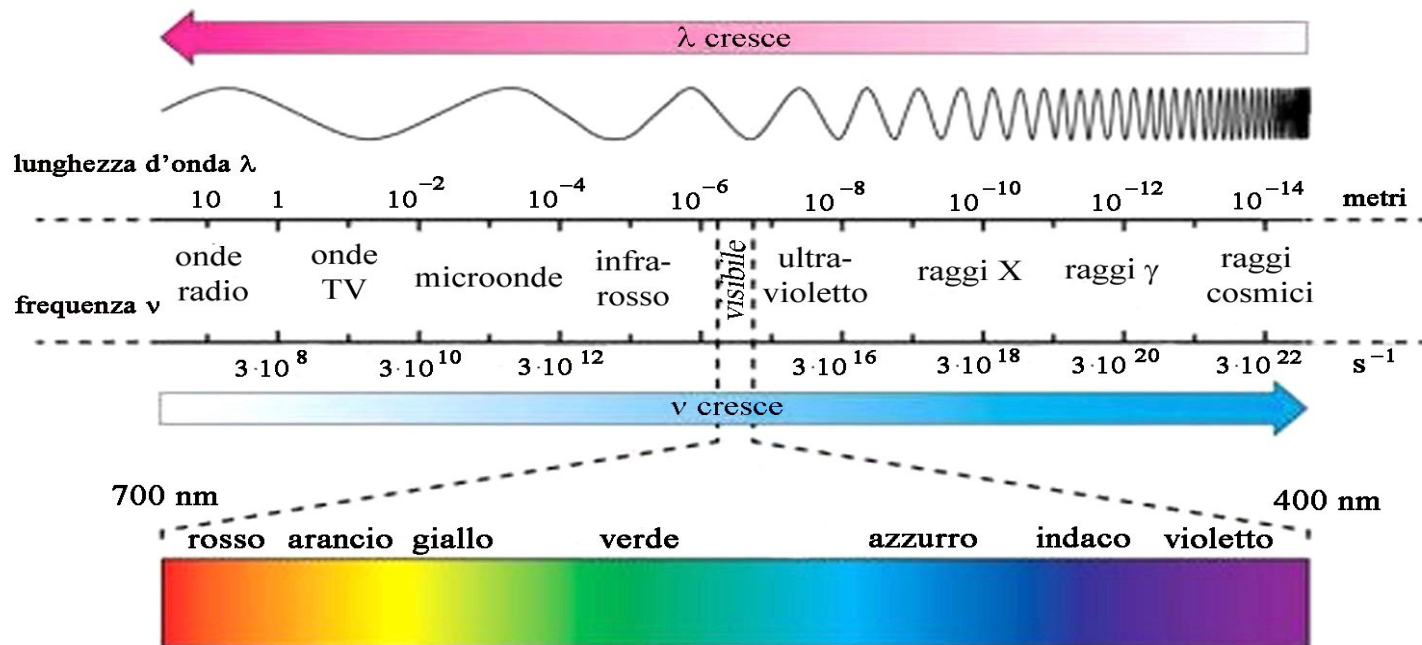
dove la costante di proporzionalità λ_e è il *coefficiente di conduttività termica esterna* e dipende sia dal corpo sia dal fluido,

Irraggiamento termico

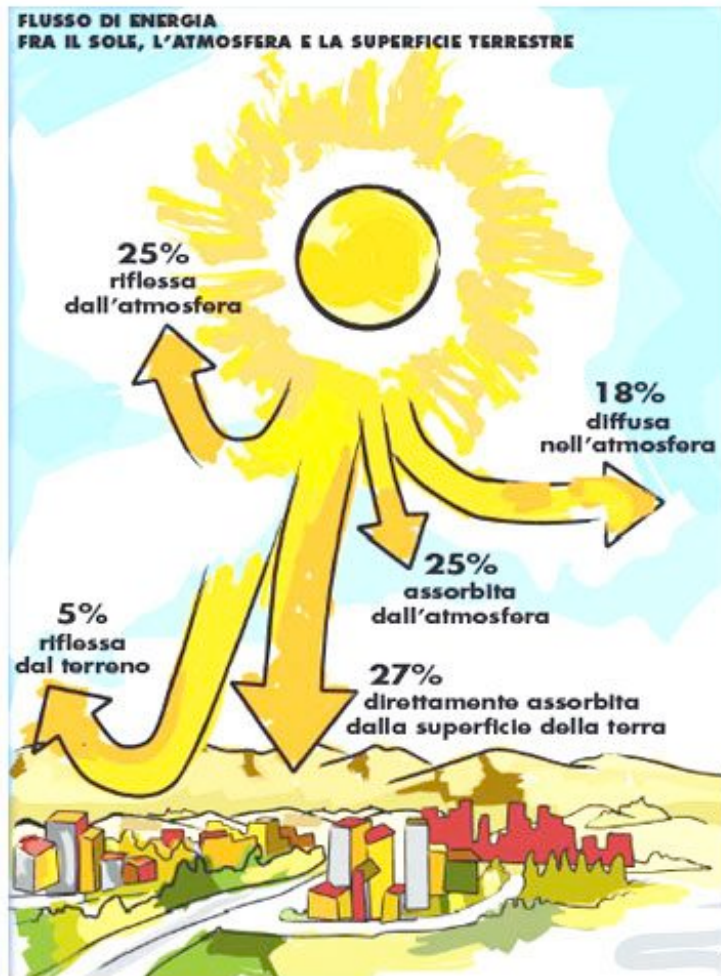
E' un fenomeno di propagazione di energia che avviene anche nel vuoto per mezzo di onde elettromagnetiche. Si manifesta come calore solo nella fase di assorbimento delle radiazioni da parte dei corpi.

Spettro elettromagnetico

$$E_{\text{fotone}} = hf = h \frac{c}{\lambda}$$

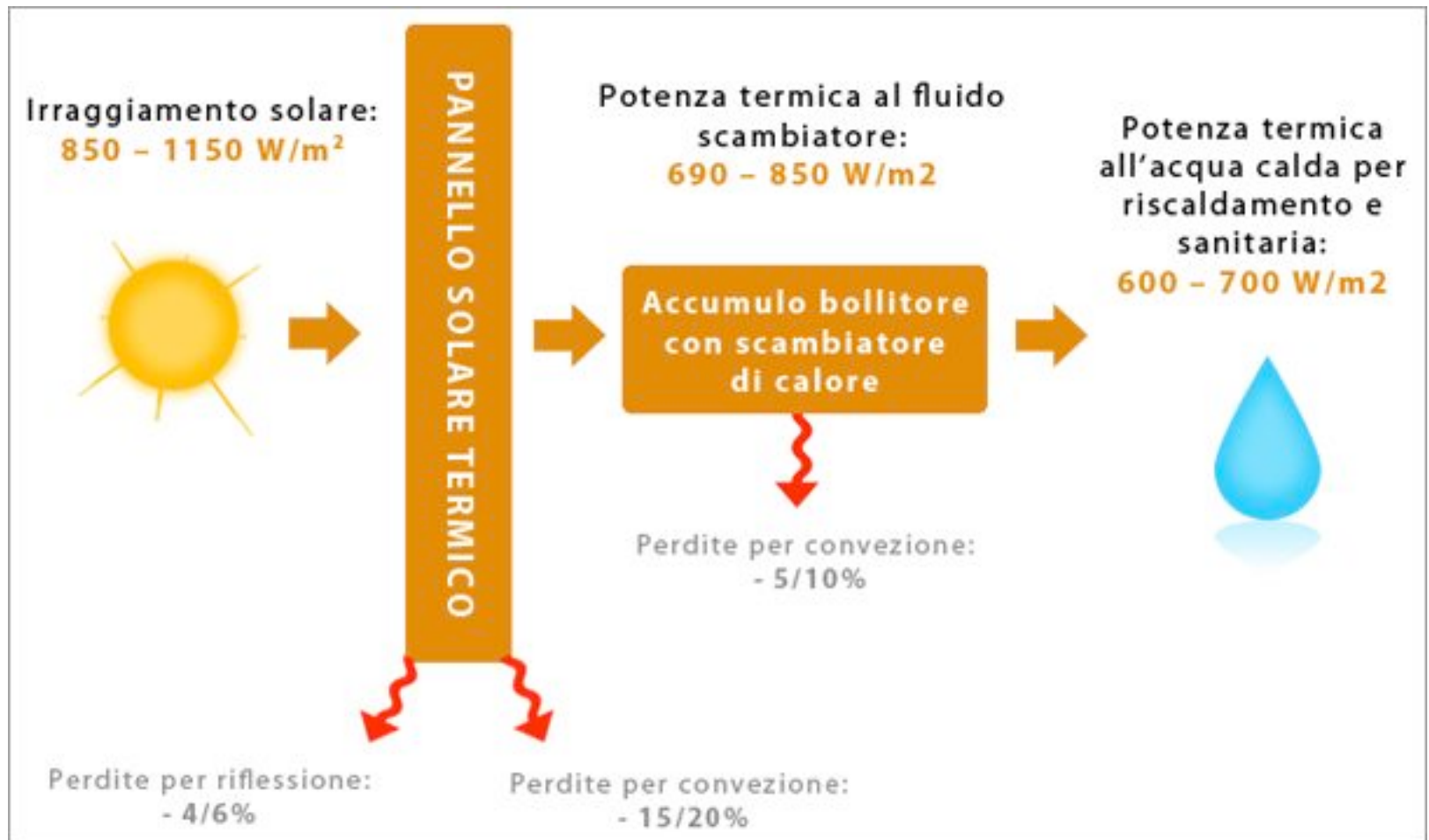


A temperatura ambiente, le radiazioni responsabili in massima parte degli scambi di calore sono quelle infrarosse (dette anche *termiche*).

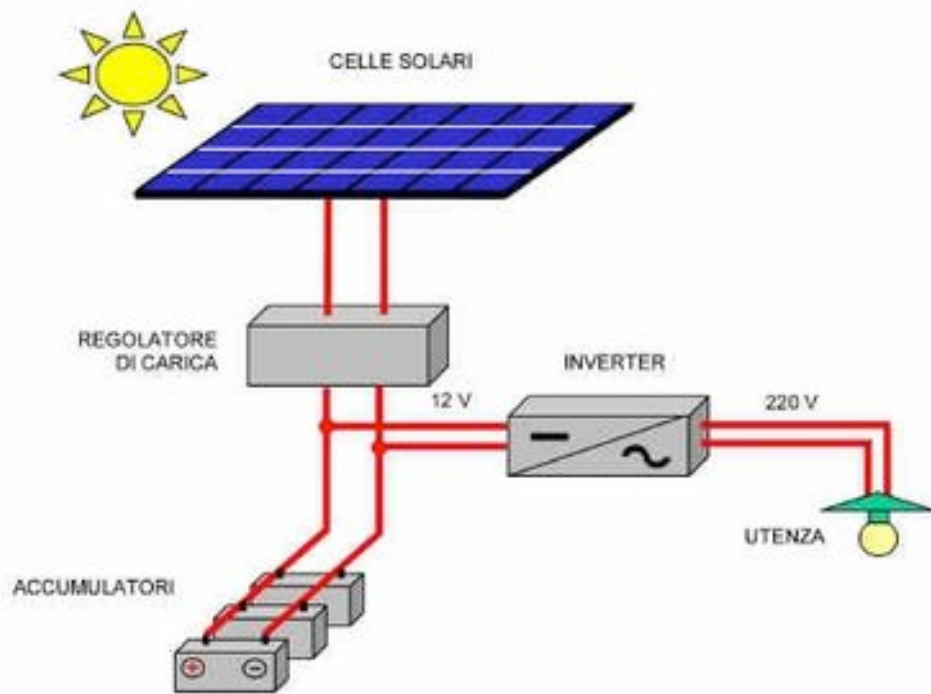


Distribuzione dell'energia che arriva dal sole

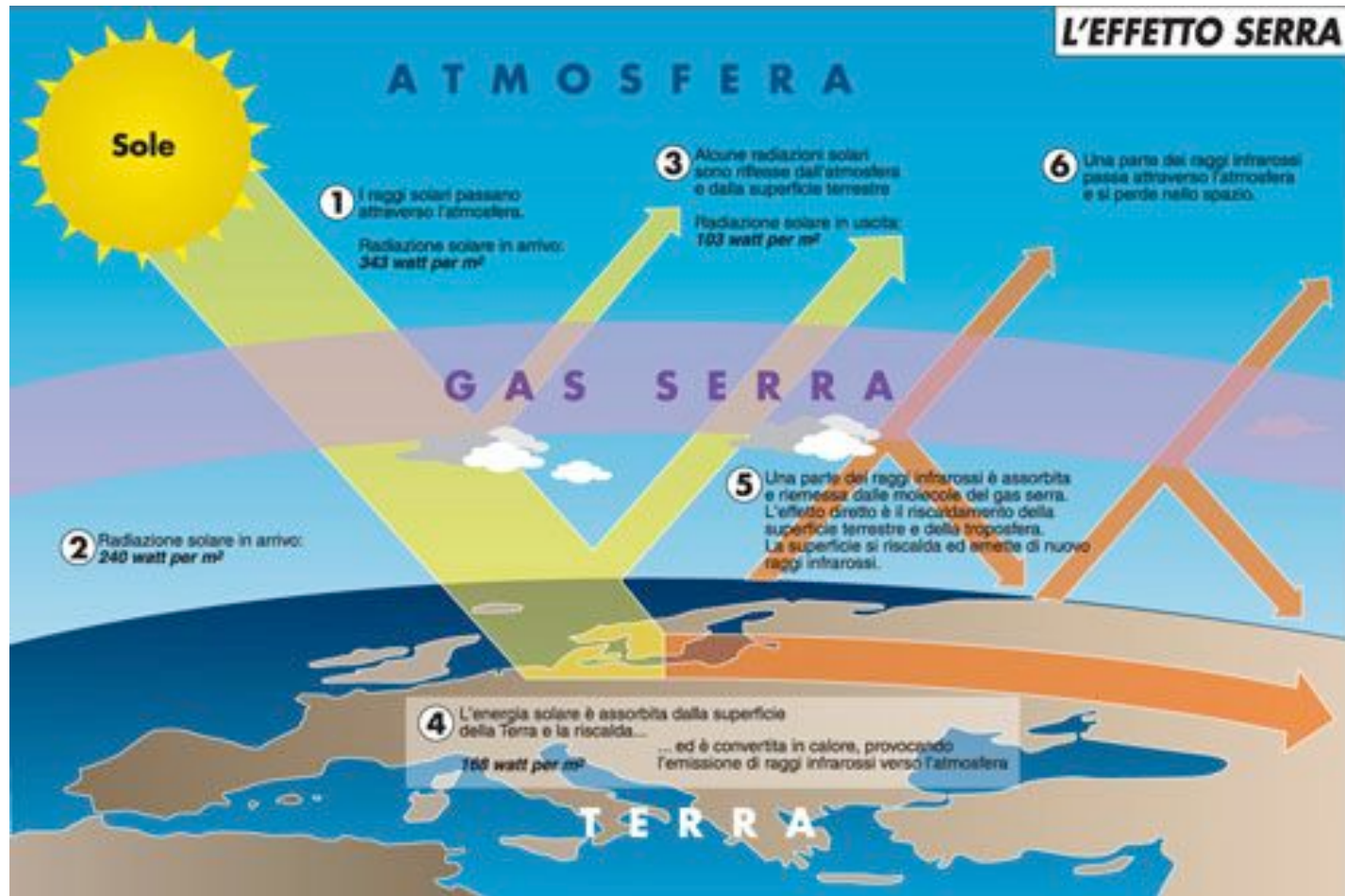
Mentre nella conduzione e nella convezione il calore si propaga solo attraverso la materia, grazie all'irraggiamento esso può propagarsi anche nel vuoto (esempio: l'energia irraggiata dal Sole attraverso gli spazi interplanetari).



Il *pannello solare termico* è un dispositivo che converte la radiazione solare in energia termica.



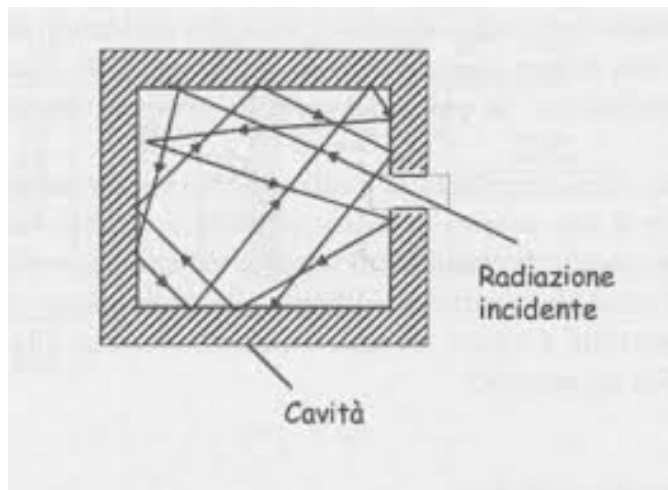
Pannello solare fotovoltaico converte l'energia solare in energia elettrica.



Effetto serra: riscaldamento dell'atmosfera dovuto all'assorbimento di energia solare da parte dell'anidride carbonica e degli altri gas serra.

Un corpo che irraggia energia elettromagnetica deve anche assorbirne. Se ciò non avvenisse, tutta la sua energia andrebbe perduta e la sua temperatura raggiungerebbe lo zero assoluto.

Un corpo che possa assorbire completamente tutte le radiazioni che lo colpiscono, qualunque sia la loro frequenza (numero di oscillazioni al secondo), non esiste in natura.



Con ottima approssimazione, potrebbe essere una cavità annerita con nero fumo e munita di un piccolo foro. Una radiazione, che attraversa il foro penetra nella cavità e ha una probabilità molto piccola di uscire nuovamente. Questo sistema prende il nome di *corpo nero*.

Un **corpo nero** è un oggetto che assorbe tutta la radiazione elettromagnetica incidente (e quindi non ne riflette). Il corpo nero, per la conservazione dell'energia, irradia tutta la quantità di energia assorbita.

LEGGE DI STEFAN-BOLTZMANN

La quantità di energia emessa dal corpo nero per unità di tempo è proporzionale alla quarta potenza della temperatura assoluta e alla superficie S del corpo:

$$\frac{\Delta Q}{\Delta t} = \sigma S T^4$$

dove $\sigma = 5,67 \cdot 10^{-8} \text{ W/m}^2\text{K}^4$ è la costante di proporzionalità, chiamata costante di Stefan-Boltzmann

LEGGE DI STEFAN-BOLTZMANN

La quantità di energia emessa dal corpo nero per unità di tempo è proporzionale alla quarta potenza della temperatura assoluta e alla superficie S del corpo:

$$\frac{\Delta Q}{\Delta t} = \sigma S T^4$$

dove $\sigma = 5,67 \cdot 10^{-8} \text{ W/m}^2\text{K}^4$ è la costante di proporzionalità, chiamata costante di Stefan-Boltzmann

Se, anziché considerare la radiazione di un corpo nero, prendiamo in esame quella emessa da un corpo qualsiasi, troviamo che, a parità di condizioni, la potenza irradiata rappresenta solo una frazione di quella espressa dalla legge di Stefan-Boltzmann:

$e=1$ - Corpo nero (emettitore e assorbitore ideale)

$e=0$ - Il corpo riflette tutta l'energia che incide su di esso

$$\frac{\Delta Q}{\Delta t} = e\sigma ST^4$$

e = costante
adimensionale
detta emissività.

Materiale	e
nero fumo	0,97
vernici nere	0,98
carbonio	0,92
ossido di rame annerito	0,90
ferro	0,40
rame	0,30
ossido di zinco (bianco)	0,15
alluminio	0,10
argento	0,05

L'energia che un corpo assorbe proviene dall'ambiente circostante, cioè dagli altri corpi che irradiano. Se un corpo si trova a una certa temperatura, differente da quella dell'ambiente, il bilancio netto dell'energia che esso emette per irraggiamento ogni secondo è il seguente:

LEGGE DELL' IRRAGGIAMENTO

Un corpo di superficie S a temperatura T , in un ambiente a temperatura T_0 irradia verso l'ambiente la potenza:

$$\frac{\Delta Q}{\Delta t} = e\sigma S(T^4 - T_0^4)$$

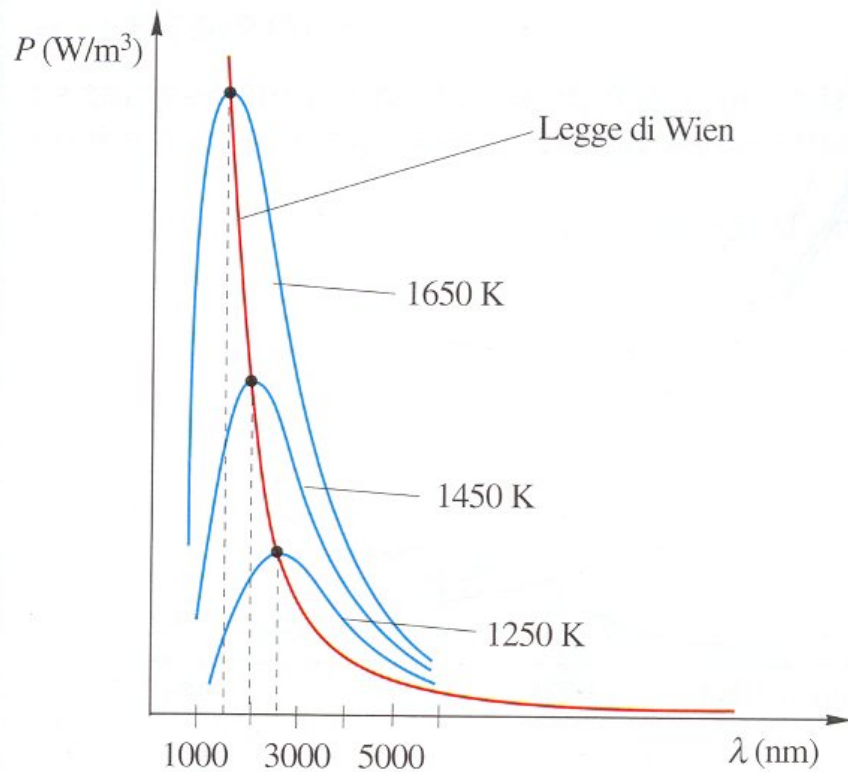
dove e è l' emissività del corpo e σ la costante di Stefan-Boltzmann.

Se $T > T_0$ si ha un trasferimento netto di energia dal corpo all'ambiente, in conseguenza del quale il corpo si raffredda.

$$\frac{\Delta Q}{\Delta t} = e\sigma S(T^4 - T_0^4) \Rightarrow$$

Se $T < T_0$ il corpo riceve energia dall'ambiente e si riscalda.

Se $T = T_0$ (equilibrio termico) nonostante l'energia continui ad essere trasferita nelle due direzioni, l'energia emessa e quella assorbita si bilanciano perfettamente.



Al crescere della temperatura le onde elettromagnetiche emesse da una sorgente opportunamente riscaldata tendono, nel loro complesso, ad assumere lunghezze d'onda sempre più basse. Pertanto il corpo emittente acquista un colore sempre più chiaro.

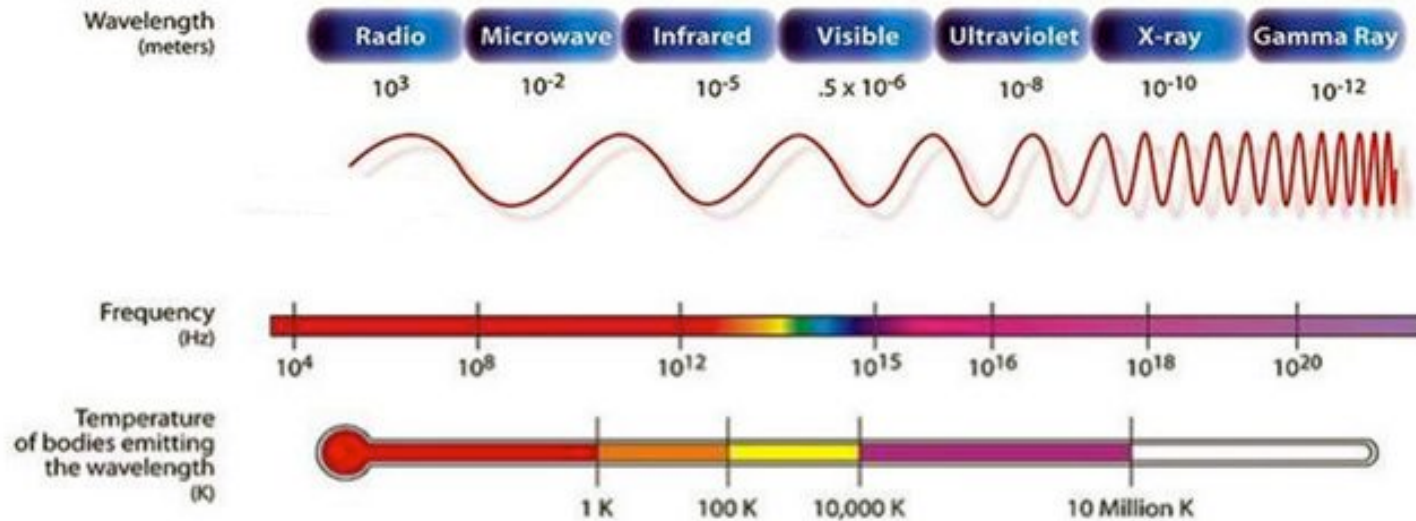
LEGGE DELLO SPOSTAMENTO

Il valore massimo della potenza emessa da un corpo nero si sposta, all'aumentare della temperatura, verso lunghezze d'onda minori:

$$\lambda_{\max} T = b$$

dove $\lambda_{\max}$ è la lunghezza d'onda per la quale l'emissione è massima, T è la temperatura assoluta della sorgente e la costante $b = 2,898 \cdot 10^{-3} \text{ mK}$.

LO SPETTRO ELETTROMAGNETICO



Le radiazioni, dapprima invisibili all'occhio, all'aumentare di T (diminuzione di λ) si spostano verso il visibile, fino a che il corpo assume il colore bianco intorno ai $3000\text{ }^\circ\text{C}$ (ai $1000\text{ }^\circ\text{C}$ per un corpo metallico). A questo punto nelle onde elettromagnetiche emesse dalla sorgente sono presenti tutte le frequenze (colori) dello spettro visibile.

Aumentando ancora la temperatura, il corpo tende a diventare quasi invisibile, perché nell'emissione predominano le radiazioni ultraviolette, non rilevabili dall'occhio umano.

La correlazione fra la lunghezza d'onda corrispondente al massimo dell'intensità della radiazione e la temperatura assoluta trova un'applicazione pratica in astrofisica per la misura delle temperature stellari e in genere ogni volta che si vuole conoscere, attraverso le radiazioni emesse, la temperatura di un ambiente assimilabile a un corpo nero.

Problema

Determinare la temperatura superficiale del Sole, nell'ipotesi di corpo nero, considerando che si registra un massimo di intensità di emissione di radiazioni alla lunghezza d'onda di 500 nm.

Soluzione

Il massimo della curva è dato dalla legge di Wien:

$$\lambda_{\max} T = b$$

$\lambda_{\max} = 500 \cdot 10^{-9} \text{ m}$ = valore in corrispondenza del quale si ha la massima emissione

da cui:

$$T = \frac{b}{\lambda_{\max}} = \frac{2,898 \cdot 10^{-3}}{500 \cdot 10^{-9}} = 5796 \text{ K}$$