

LICEO SCIENTIFICO STATALE

LEONARDO DA VINCI

di Reggio Calabria

Via Possidonea ,14

Dirigente Scolastico: Preside Prof.essa Vincenzina Mazzuca

**PROGETTO: MATEMATICA E FISICA - MULTIMEDIALITA' PER
LE TERZE CLASSI**

TEMA :IL CALORE E LA TEMPERATURA

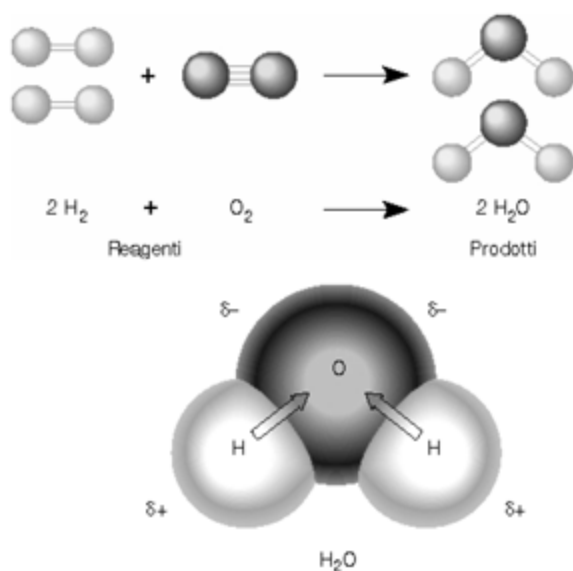
Lo studente: Labate Marialuisa III G

Lezione 1-La misura della temperatura

1.1 L'organizzazione della materia

Tutte le sostanze sono composte da atomi, che possono organizzarsi tra loro in modo più o meno complesso. Ogni elemento è costituito da atomi; gli atomi di un elemento sono identici e ogni singolo atomo ha le stesse proprietà chimiche dell'elemento.

Quando due o più atomi si legano assieme formano **molecole**, che hanno, anch'esse, proprietà chimiche caratteristiche. Per esempio, la formula chimica dell'acqua H_2O ; ciò significa che la molecola d'acqua è formata da due atomi di idrogeno e da un atomo di ossigeno.



Struttura di una molecola d'acqua

Sostanze diverse si differenziano fra loro per il numero e per il tipo di atomi di cui sono

fatte le molecole. Dentro una molecola, gli atomi sono tenuti insieme da forze di natura elettrica, chiamate **forze di coesione molecolare**. Anche gli atomi sono formati da particelle più piccole, infatti all'interno di ogni atomo c'è il **nucleo**, attorno al quale si muovono gli **elettroni**. Anche gli elettroni e il nucleo all'interno dell'atomo interagiscono tra loro mediante **forze di tipo elettrico**. Per spezzare una molecola o un atomo e ottenere i relativi componenti, occorre vincere queste forze di attrazione fra le varie particelle ciò può avvenire solo fornendo una sufficiente quantità di energia.

1.2 Gli stati di aggregazione della materia

Se ci guardiamo attorno, vediamo che sulla Terra le sostanze si presentano in tre **stati di aggregazione** diversi, potendo esse essere gassose, liquide o solide.

Un **gas** è caratterizzato dal fatto che ciascuna delle sue molecole è libera di muoversi a caso per proprio conto e quindi si muove rapidamente qua e là in tutto lo spazio a disposizione nel recipiente in cui si trova e le forze di coesione molecolare sono trascurabili. Di conseguenza, un gas non ha né forma né volume propri e assume la forma del recipiente in cui è racchiuso, di cui occupa tutto il volume.

Le molecole dei **liquidi**, invece, pur occupando uno spazio definito, ivi trattenute dalla forza di gravità possono scorrere le une rispetto alle altre in seno al liquido e le forze di coesione sono deboli. Di conseguenza, il liquido, pur avendo un proprio volume ben definito, non ha forma propria ma assume quella del recipiente che lo contiene.

I **solidi**, infine, sono notevolmente rigidi, perché le loro molecole non possono scorrere le une sulle altre o allontanarsi troppo dalla loro posizione di riposo, almeno non in un

intervallo di tempo di qualche giorno e formano un insieme ordinato. Di conseguenza ,i solidi hanno un proprio volume e una forma propria,tendendo a conservare quella che hanno ricevuto. In realtà,esistono due tipi di solidi,e cioè quelli amorfi e quelli cristallini. Nei **solidi amorfi**,le molecole sono ammassate come se fossero altrettanti granelli di sabbia,e cioè alla rinfusa,senza presentare una disposizione regolare estesa a una regione consistente del corpo. In un **solido cristallino**,invece, gli atomi e le molecole hanno una disposizione ben definita che si ripete identica per tutto il cristallo .Spesso,l'aspetto esterno della sostanza cristallina testimonia questa disposizione ordinata delle sue molecole. A tale disposizione regolare delle molecole all'interno del cristallo si dà il nome di **reticolo cristallino** ,in realtà,gli atomi occupano la maggior parte dello spazio del cristallo e sono in continua oscillazione attorno a una loro posizione media.

Si noti che,quando diciamo ad esempio il ferro è un solido ,l'acqua è un liquido e l'ossigeno è un gas,intendiamo riferirci allo stato di aggregazione che queste sostanze presentano alle normali condizioni di temperatura e pressione .Lo stato di aggregazione di una determinata sostanza dipende infatti dalle condizioni fisiche ; variando queste,si può arrivare a un punto in cui varia anche lo stato di aggregazione della sostanza considerata.

1.3 Agitazione termica e temperatura

Qualunque sia lo stato di aggregazione, le particelle di cui è fatta la materia,atomi o molecole,sono in continuo movimento;si dice che sono in **agitazione termica** .L'agitazione termica è,quindi, una proprietà caratteristica di ogni sostanza. La temperatura ,invece,e' un

indice dello stato di agitazione termica, cioè ci dà informazioni su quanto sono “agitate” le molecole: più grande è l’agitazione termica, maggiore è la temperatura di una sostanza.

Per esempio; gli atomi di un cucchiaino caldo vibrano più velocemente degli atomi dello stesso cucchiaino freddo, così come le molecole dell’aria contenute in una stanza calda si muovono più velocemente delle molecole di aria di una stanza fredda.

L’esperienza quotidiana ci dice che, quando una sostanza calda viene messa a contatto con una sostanza fredda, dopo un po’ di tempo le due sostanze assumono la stessa temperatura. Si dice allora che le sostanze hanno raggiunto l’**equilibrio termico**. Per conoscere la temperatura di una sostanza non possiamo basarci sulla sensazione di caldo o freddo, perché le sensazioni che la nostra pelle trasmette al cervello sono qualitative e soggettive. Per avere informazioni oggettive sullo stato termico di una sostanza, bisogna misurare la sua temperatura mediante un **termometro**.

1.4 La misura della temperatura

Il termometro di uso più comune è il termometro clinico, formato da un bulbo di vetro sormontato da un tubo sottile che contiene mercurio. Mettendo il termometro a contatto con un corpo o con un ambiente caldo, si scaldano sia il vetro che il mercurio. Il mercurio si dilata e sale nel tubo, indicando il valore della temperatura su una scala graduata. In pratica, si risale al valore della temperatura del mercurio misurando il livello finale che ha raggiunto. La scala del termometro viene costruita fissando delle opportune temperature di riferimento e un’unità di misura. Le scale maggiormente usate sono la scala Celsius e la

scala Kelvin, inoltre c'è ne sono altre due ormai in disuso, la scala Rømer e la scala

Fahrenheit:

- La scala Celsius, detta anche scala centigrada, attualmente la più usata nel mondo, è stata introdotta dall'astronomo e matematico svedese Anders Celsius (1701-1744).

In questa scala si assegna il valore 0 alla temperatura del ghiaccio fondente e il valore 100 alla temperatura dell'acqua bollente (a pressione atmosferica). L'intervallo fra queste due temperature è suddiviso in 100 parti, ognuna delle quali è detta grado Celsius o grado centigrado (simbolo °C).

- Nel SI si usa la scala Kelvin introdotta nel 1847 dal fisico scozzese William Thomson (1824-1907) detto Lord Kelvin. È detta anche scala assoluta perché parte dal teorico "zero" energetico che hanno le molecole di un gas quando sono ferme, per cui non possono più cedere calore ma possono solo acquisirlo. Nella scala Kelvin, è assegnato il valore 273,15 alla temperatura del ghiaccio fondente e il valore 373,15 alla temperatura dell'acqua bollente. Anche l'intervallo fra queste due temperature è suddiviso in 100 parti uguali e ogni parte è chiamata kelvin (simbolo K).
- La scala Rømer (simbolo °R) oggi in disuso ma che si incontra in vecchi testi francesi, i livelli erano rispettivamente 0°R e 80°R con suddivisione in 80 parti.
- La scala Fahrenheit (simbolo °F), ancora usata nei paesi anglosassoni anche se in via di sostituzione con la Celsius, ha i valori di riferimento fissati in 32°F e 212°F con

l'intervallo suddiviso in 180 parti.

Per passare da una scala termometrica all'altra si applicano le seguenti relazioni:

$$^{\circ}\text{C} : 100 = ^{\circ}\text{R} : 80 = (^{\circ}\text{F} - 32) : 180 = (^{\circ}\text{K} - 273,15) : 100$$

1.5 Vari tipi di termometri

Un termometro a mercurio non può essere utilizzato per temperature molto basse, perché il mercurio diventa solido a -39°C . In questi casi, si ricorre ad altri liquidi, come l'alcool etilico, che solidifica a -119°C .

Alla temperatura di qualche centinaio di gradi il vetro del termometro si deforma. Per misurare alte temperature, per esempio quella di un forno, si possono utilizzare termometri metallici che sfruttano la dilatazione dei metalli. Esistono anche termometri che si basano su fenomeni diversi dalla dilatazione. Per esempio i termometri a resistenza sfruttano il fatto che la resistenza elettrica di un conduttore varia al variare della temperatura; perciò permettono di misurare la temperatura misurando la corrente elettrica che passa in un conduttore. Anche delle vernici speciali possono funzionare da termometro; infatti, esse cambiano colore al variare della temperatura e quindi forniscono informazioni sullo stato termico dell'oggetto su cui vengono applicate.

Lezione 2 – La dilatazione termica

2.1 La dilatazione lineare dei solidi

In genere le sostanze si dilatano quando la temperatura aumenta, e si contraggono quando la temperatura diminuisce.

Un corpo solido occupa sempre un certo volume; se però una delle due dimensioni è molto più grande delle altre due, come nel caso di un filo, dal punto di vista termico si comporta come un corpo lineare. La dilatazione che il corpo subisce si manifesta soprattutto nella direzione della lunghezza e si parla di **dilatazione lineare**.

Indichiamo con l_0 la lunghezza iniziale di un corpo, per esempio un filo di ferro, e con T_0 la sua temperatura iniziale. Lo scaldiamo finché la lunghezza diventa l alla temperatura T .

L'aumento di lunghezza è $\Delta l = l - l_0$, l'aumento di temperatura è $\Delta T = T - T_0$.

L'esperienza dimostra che Δl :

- è direttamente proporzionale alla lunghezza iniziale l_0 del corpo;
- è direttamente proporzionale alla variazione di temperatura ΔT subita dal corpo;
- dipende dalla sostanza di cui è composto il corpo.

Queste proprietà possono essere riassunte nella **legge della dilatazione lineare**:

$$\Delta l = \lambda * l_0 * \Delta T$$

Diagram illustrating the linear expansion formula $\Delta l = \lambda * l_0 * \Delta T$ with labels for each term:

- Δl : allungamento (m)
- λ : coefficiente di dilatazione lineare (K^{-1} o $^{\circ}C^{-1}$)
- l_0 : lunghezza iniziale (m)
- ΔT : variazione di temperatura (K o $^{\circ}C$)

dove λ (si legge "lambda") è un coefficiente caratteristico della sostanza di cui è fatto il corpo, si chiama **coefficiente di dilatazione lineare**. L'unità di misura di λ nel SI è K^{-1} (si legge "kelvin alla meno uno"). Infatti:

$$\lambda = \frac{\Delta l}{l_0 * \Delta T} = \frac{m}{m * K} = \frac{1}{K} = K^{-1}$$

Il valore ΔT espresso in kelvin non cambia se viene espresso in gradi centigradi perciò

come unità di misura di λ possiamo utilizzare anche $^{\circ}\text{C}^{-1}$.

Una sostanza si dice **isotropa** quando ha le stesse proprietà fisiche in tutte le direzioni. Per una sostanza isotropa, il coefficiente λ è costante entro un certo intervallo di temperatura.

I coefficienti di dilatazione lineari di alcuni solidi sono riportati nella seguente tabella:

Coefficienti di dilatazione lineare di alcuni solidi (K^{-1} o $^{\circ}\text{C}^{-1}$)					
Metalli			Leghe		
Alluminio	24×10^{-6}	Argento	19×10^{-6}	Acciaio	1×10^{-5}
Ferro	12×10^{-6}	Oro	14×10^{-6}	Ghisa	1×10^{-5}
Piombo	29×10^{-6}	Platino	9×10^{-6}	Bronzo	2×10^{-5}
Rame	16×10^{-6}	Zinco	17×10^{-6}	Ottone	2×10^{-5}

Alla formula precedente della dilatazione lineare c'è ne una alternativa:

$$\Delta l = \lambda * l_0 * \Delta T$$

Sostituiamo Δl con $l_t - l_0$, e avremo:

$$l_t - l_0 = \lambda * l_0 * \Delta T$$

l_0 passa dall'altra parte:

$$l_t = \lambda * l_0 * \Delta T + l_0$$

$$l_t = l_0(1 + \lambda * \Delta T)$$

Oltre alla lineare esiste anche la **dilatazione superficiale**, anche se è meno

conosciuta, dove si utilizza λ moltiplicato per due, quindi la formula sarà:

Elevando

$$l_t = l_0(1 + \lambda * \Delta T) \text{ al quadrato si avrà:}$$

$$l_t^2 = l_0^2(1 + \lambda * \Delta T)^2$$

$$l_t^2 = l_0^2(1 + \lambda^2 * \Delta T^2 + 2\lambda * \Delta T)$$

poiché $\lambda^2 * \Delta T^2$ è vicinissimo allo zero, è quasi trascurabile, quindi:

$$S_f = S_0(1 + 2\lambda * \Delta T).$$

2.2 La dilatazione volumica

Consideriamo un solido di volume V_0 alla temperatura T_0 . Sperimentalmente si verifica che, se la temperatura varia di ΔT , la variazione di volume ΔV :

- è direttamente proporzionale al volume iniziale V_0 ;
- è direttamente proporzionale alla variazione di temperatura ΔT ;
- dipende dalla sostanza di cui è composto il solido.

Le proprietà sono riassunte nella **legge di dilatazione volumica**:

$$\Delta V = k * V_0 * \Delta T$$

variazione di volume(m^3)

volume iniziale(m^3)

Variazione di temperatura (K o $^{\circ}C$)

Coefficiente di dilatazione volumica (K^{-1} o $^{\circ}C^{-1}$)

dove K rappresenta il coefficiente di dilatazione volumica e si misura in K^{-1} (o $^{\circ}C^{-1}$). Il

coefficiente di dilatazione volumica di un materiale è circa tre volte più grande del

coefficiente di dilatazione lineare dello stesso materiale. Per esempio, il coefficiente di

dilatazione lineare dell'acciaio è $1,0 \times 10^{-5} \text{ }^{\circ}C^{-1}$, quello di dilatazione volumica dell'acciaio

è $3,0 \times 10^{-5} \text{ }^{\circ}C^{-1}$.

Poiché K e V_0 sono grandezze positive, se ΔT è negativo anche ΔV è negativo. Ne deriva che

una diminuzione di temperatura provoca una diminuzione di volume.

2.3 La dilatazione volumica dei liquidi

In generale, anche i liquidi si dilatano con l'aumentare della temperatura e seguono la

stessa legge di dilatazione volumica dei solidi:

$$\Delta V = k * V_0 * \Delta T$$

però hanno coefficienti di dilatazione volumica maggiori di quelli dei solidi. Ciò dipende dal fatto che nei liquidi le forze di coesione molecolari sono più deboli che nei solidi. Infatti, le molecole di un liquido possono scivolare le une sulle altre e occupare nuove posizioni.

Nella tabella di seguito sono riportati i coefficienti di dilatazione volumica di alcuni liquidi:

Coefficiente di dilatazione volumica di alcuni liquidi (K^{-1} o C^{-1})			
Mercurio	$1,82 \times 10^{-4}$	Alcol	10×10^{-4}
Glicerina	5×10^{-4}	Etere	15×10^{-4}
Acqua	$4,6 \times 10^{-4}$	Latte	$8,0 \times 10^{-4}$

L'acqua è l'unico liquido che presenta un comportamento anomalo rispetto al fenomeno della dilatazione termica a causa della struttura molecolare che possiede: fra $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ e $4\text{ }^{\circ}\text{C}$ mentre la temperatura aumenta il volume dell'acqua diminuisce. Per temperature superiori ai $4\text{ }^{\circ}\text{C}$ l'acqua si comporta come gli altri liquidi.

Lezione 3-La legge fondamentale della terminologia

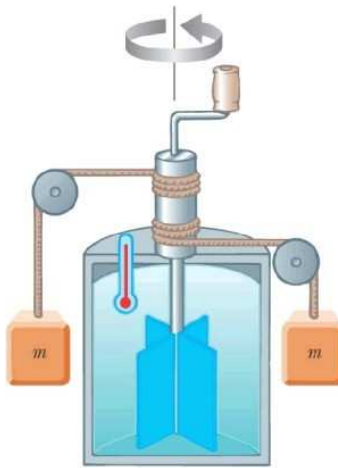
3.1 Come aumentare la temperatura di una sostanza

In generale, possiamo aumentare la temperatura di una sostanza trasferendole energia. Per esempio, per aumentare la temperatura di una certa quantità di acqua abbiamo le seguenti opportunità:

- porre il recipiente su un fornello: l'acqua riceve energia sotto forma di calore;
- agitare l'acqua con un bastoncino: l'acqua riceve energia per lavoro meccanico;
- inserire nell'acqua un filo percorso da corrente elettrica: l'energia elettrica è trasformata in calore che viene acquistato dall'acqua;
- esporre l'acqua ai raggi del Sole: l'acqua acquista energia radiante.

Joule con un mulinello ha studiato il trasferimento di energia all'acqua mediante un lavoro meccanico e ha stabilito che occorre compiere un lavoro di circa 4180 J per aumentare di 1

kelvin (o grado centigrado) la temperatura di 1 kg di acqua.



3.2 Capacità termica e calore specifico

Il rapporto tra l'energia che acquista una sostanza e l'aumento di temperatura si chiama **capacità termica**. Indicando con C la capacità termica e con ΔE la quantità di energia, possiamo scrivere :

$$C = \frac{\Delta E}{\Delta T}$$

La capacità termica si misura in joule/kelvin (J/K o J/°C)

Sperimentalmente ,si verifica che ,quanto più grande è la massa che viene scaldata,tanto maggiore è l'energia necessaria per aumentare la sua temperatura di un grado,cioè la capacità termica è direttamente proporzionale alla massa:

$$\frac{C}{m} = c$$

La costante di proporzionalità c è una grandezza che caratterizza ogni sostanza e si chiama

calore specifico della sostanza. Nel SI, il calore specifico si misura in $J / (Kg * K)$. Il calore specifico rappresenta la quantità di energia che la massa di 1 kg di sostanza deve acquistare perché la sua temperatura aumenti di 1 K. Per esempio, dire che il calore specifico del piombo è $128 J / (Kg * K)$ significa che, per aumentare di 1 K la temperatura di 1 Kg di piombo, sono necessari 128 J di energia.

La formula $C = \frac{\Delta E}{\Delta T}$ vale anche se la sostanza si raffredda; in tal caso sia ΔT sia ΔE sono negativi.

Nella tabella presentata qui sotto sono riportati i calori specifici di alcune sostanze a temperatura ambiente (298 K) e pressione atmosferica costante.

Calore specifico in $J / (Kg * K)$	
Acqua	4180
Alcol etilico	2430
Benzina	2100
Mercurio	138
Oro	134
Alluminio	880
Petrolio	2140

3.3 La legge della terminologia

Dalla definizione di capacità termica si ricava $\Delta E = C * \Delta T$. Sostituiamo al posto di C il prodotto di $c * m$ e otteniamo la relazione:

$$\begin{array}{ccccc}
 \text{energia scambiata (J)} & & & & \text{massa (Kg)} \\
 & \searrow & & \nearrow & \\
 & \Delta E = c * m * \Delta T & & & \\
 & \nearrow & & \searrow & \\
 \text{Calore specifico (} \frac{J}{Kg * K} \text{)} & & & & \text{Variazione di temperatura (K)}
 \end{array}$$

che rappresenta la **legge fondamentale della termologia**. Essa ci dice che l'energia scambiata è:

- direttamente proporzionale alla massa della sostanza;

- direttamente proporzionale alla variazione di temperatura;
- legata alla natura della sostanza (attraverso il coefficiente c)

Se l'aumento di energia è dovuto a un trasferimento di calore Q, la legge può essere scritta così:

$$Q = c * m * \Delta T$$

3.4 L'equilibrio termico

Quando due sostanze a diversa temperatura sono poste a contatto, raggiungono la stessa temperatura di equilibrio, perché una certa quantità di energia (calore) si trasferisce tra la sostanza più calda a quella più fredda. Il valore della temperatura di equilibrio dipende sia dalle masse delle sostanze sia dai calori specifici, sia da eventuali dispersioni di calore verso l'ambiente.

Consideriamo una sostanza fredda di massa m_1 , temperatura T_1 e calore specifico c_1 e una sostanza calda di massa m_2 , temperatura T_2 e calore specifico c_2 . Messe a contatto, le due sostanze raggiungono la temperatura di equilibrio, che indichiamo con T_e .

La sostanza calda cede calore e si raffredda:

$$Q_{ceduto} = m_2 * c_2 * (T_e - T_2)$$

Il calore ceduto è negativo, perché T_e è minore di T_2 .

La sostanza fredda acquista calore e si riscalda:

$$Q_{acquistato} = m_1 * c_1 * (T_e - T_1)$$

Il calore acquistato è una quantità positiva, perché T_e è maggiore di T_1 .

Se non ci sono dispersioni di calore verso altre sostanze o l'ambiente esterno, la quantità di calore che la sostanza calda cede è interamente acquistata dalla sostanza fredda:

$$\text{calore acquistato} = \text{calore ceduto}$$

Poiché il calore ceduto è negativo e quello acquistato è positivo, se vogliamo uguagliare le due quantità dobbiamo cambiare di segno a una delle due:

$$Q_{acquistato} = -Q_{ceduto}$$

$$m_1 * c_1 * (T_e - T_1) = -m_2 * c_2 * (T_e - T_2)$$

$$c_1 * m_1 * T_e - m_1 * c_1 * T_1 = -m_2 * c_2 * T_e + m_2 * c_2 * T_2$$

portiamo al primo membro i termini moltiplicati col T_e e lo mettiamo in evidenza:

$$T_e(c_1 * m_1 + m_2 * c_2) = m_1 * c_1 * T_1 + m_2 * c_2 * T_2$$

dividiamo ambo i membri per $(c_1 * m_1 + m_2 * c_2)$ e avremo:

$$T_e = \frac{m_1 * c_1 * T_1 + m_2 * c_2 * T_2}{(c_1 * m_1 + m_2 * c_2)}$$

Questa è l'**equazione dell'equilibrio termico**. Essa permette di calcolare la temperatura di equilibrio T_e , note le altre quantità.

Se le sostanze sono identiche, c_1 è uguale a c_2 l'equazione si semplifica:

$$T_e = \frac{m_1 * T_1 + m_2 * T_2}{m_1 + m_2}$$

Lezione 4-Il calore latente

4.1 I cambiamenti di stato

La materia può trovarsi in tre stati di aggregazione diversi: solido, liquido, gas. Il passaggio da uno all'altro stato si chiama **cambiamento di stato**, e sono:

- fusione (dal solido al liquido) e solidificazione (dal liquido al solido);
- evaporazione (dal liquido al gas) e condensazione (dal gas al liquido);
- sublimazione (dal solido al gas) e brinamento (dal gas al solido).

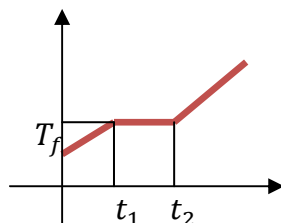
Durante un qualsiasi cambiamento di stato la temperatura di una sostanza non varia. Per esempio, mentre il ghiaccio fonde, la temperatura rimane fissa sul valore 0 °C mentre

l'acqua bolle la temperatura rimane sui 100 °C.

4.2 Fusione e solidificazione

La **fusione** avviene mediante assorbimento di calore da parte del corpo che cambia stato.

Il grafico sotto presentato rappresenta la variazione della temperatura in funzione del tempo:



Il corpo solido viene scaldato e la sua temperatura aumenta, finchè all'istante t_1 , raggiunge la temperatura di fusione T_f ; a questo punto il solido comincia a fondere. Se al corpo viene fornito ulteriore calore, la fusione prosegue a temperatura costante T_f ; tutto il calore che il corpo assorbe viene utilizzato per allontanare gli atomi o le molecole. All'istante t_2 quando il corpo è completamente fuso, un ulteriore assorbimento di calore da parte del corpo provoca un aumento di temperatura. Sperimentalmente si verifica che la quantità di calore necessaria per fondere una massa m di sostanza, che si trova alla temperatura di fusione, dipende dal tipo di sostanza ed è direttamente proporzionale alla massa stessa.

$$Q = \lambda_f * m$$

dove λ_f è una costante caratteristica della sostanza, detta **calore latente di fusione**. Nel SI il calore latente di fusione si misura in joule al kilogrammo (simbolo J/Kg)

La **solidificazione** è il passaggio dal liquido al solido; avviene alla stessa temperatura della fusione; per esempio, il ghiaccio fonde a 0 °C e l'acqua solidifica a 0 °C. Durante la solidificazione un liquido emette calore.

Il calore latente di solidificazione rappresenta il calore che la massa unitaria di un liquido fornisce durante il suo cambiamento di stato. Il calore latente di solidificazione è

numericamente uguale al calore latente di fusione. Per fondere 1 Kg di ghiaccio a 0 °C sono necessari 334000 J; se 1 Kg di acqua a 0 °C solidifica e diventa ghiaccio ,fornisce 334000 J di calore.

4.3 Evaporazione e condensazione

L'evaporazione ,o vaporizzazione,è il passaggio dallo stato liquido allo stato gassoso e avviene mediante assorbimento di calore da parte del liquido che cambia stato. Molti liquidi ,compresa l'acqua ,evaporano anche a temperatura ambiente ;per esempio ,i panni stesi dopo un po' asciugano. L'evaporazione avviene sulla superficie del liquido,mentre quando l'acqua bolle ,il passaggio dallo stato liquido a quello di vapore interessa tutta la massa del liquido.

Il **calore latente di evaporazione** è la quantità di calore assorbita da una massa unitaria di liquido,che si trova già alla temperatura di evaporazione,per passare completamente allo stato gassoso. Il calore necessario per far evaporare una massa m di liquido ,che si trova già alla temperatura di ebollizione .è direttamente proporzionale alla massa m :

$$Q = \lambda_v * m$$

dove λ_v è il calore latente di evaporazione.

Il passaggio inverso dell'evaporazione è la **condensazione**;essa avviene alla stessa temperatura di ebollizione,con cessione di calore. Il vapore acqueo condensa a 100 °C e per ogni kilogrammo che condensa vengono ceduti $2,25 \times 10^6$ J di calore.

4.4 Calore per far fondere il ghiaccio

La legge della terminologia, $Q = c * m * \Delta T$,non può essere applicata se nell'intervallo ΔT è compreso un passaggio di stato. Per chiarire questo fatto,supponiamo di avere un blocco di ghiaccio di massa m alla temperatura di - 10 °C e di volerlo far fondere completamente.

Per farlo passare da $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ a $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ (temperatura di fusione) ,gli dobbiamo fornire la quantità di calore :

$$Q_1 = c_g * m * \Delta T$$

dove c_g è il calore specifico del ghiaccio e $\Delta T = 10\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Il calore necessario per farlo fondere ,quando già si trova alla temperatura di fusione ,è:

$$Q_2 = \lambda_f * m$$

Il calore per realizzare l'intero processo è la somma dei due calori:

$$Q = c_g * m * \Delta T + \lambda_f * m$$

Lezione 5-La propagazione del calore

5.1 La conduzione nei solidi

Il calore tende spontaneamente a propagarsi sia all'interno di un corpo solido sia all'interno di un fluido. I meccanismi di propagazione sono però diversi. E' sufficiente esporre per qualche minuto la punta di una forchetta di metallo a una fiamma,per scaldarne anche il manico. Il calore si è propagato da un' estremità all'altra della forchetta per **conduzione**. Questo meccanismo di propagazione del calore,tipico delle sostanze solide,dipende dal comportamento degli atomi all'interno delle sostanze. Gli atomi della forchetta a contatto con la forchetta vibrano molto velocemente;le vibrazioni sono trasmesse agli atomi vicini che a loro volta le trasmettono a quelli vicini e così via. Il risultato di questo processo è uno spostamento di energia da una parte del solido ad un'altra. Gli atomi vibrano intorno alle loro posizioni di equilibrio,ma non si spostano da una parte all'altra della forchetta;quindi non c'è spostamento di materia.

5.2 La convezione nei fluidi

Se mettiamo una pentola che contiene acqua sul fuoco, il suo fondo metallico si scalda per conduzione. Le molecole di acqua che si trovano a contatto con il fondo aumentano la loro velocità. Il liquido caldo si dilata, diventa meno denso e, per il principio di Archimede, sale verso l'alto. Nello stesso tempo l'acqua fredda scende e prende il posto di quella calda; il risultato è un insieme di movimenti, detti **correnti convettive**. Le molecole si mescolano e il calore si propaga dentro il liquido; il fenomeno si chiama **convezione**. La convezione è tipica anche dei gas: ad esempio l'aria scaldata dal fuoco del camino sale lungo la cappa. Contrariamente alla conduzione, nella convezione c'è sia trasporto di energia termica sia trasporto di materia.

5.3 La legge della conduzione

Se prendiamo in considerazione una parete piana di spessore d e area A e le due facce della parete tenute a diversa temperatura $T_1 > T_2$, costanti nel tempo, per effetto della conduzione il calore si propaga verso la faccia più fredda. Il matematico e fisico Jean-Baptiste-Joseph Fourier (1768-1830) ha trovato sperimentalmente che la quantità che si propaga attraverso una parete piana:

- è direttamente proporzionale all'area A della parete, alla differenza di temperatura ΔT e all'intervallo di tempo Δt ;
- è inversamente proporzionale allo spessore d della parete;
- dipende dal materiale di cui è fatta la parete:

Le proprietà possono essere riassunte nella **legge di Fourier**:

$$Q = \frac{k * A * \Delta T * \Delta t}{d}$$

dove k è un coefficiente che dipende dalla natura della parete; si chiama coefficiente di conducibilità termica. L'unità di misura del coefficiente k è $W/(m * K)$. Infatti:

$$K = \frac{Q * d}{A * \Delta T * \Delta t}, \text{ quindi:}$$

$$\frac{J * m}{m^2 * K * s} = \frac{J}{m * K * s} = \frac{W}{m * K}$$

Nella tabella seguente sono riportati i coefficienti di conducibilità termica di alcuni materiali

Coefficiente di conducibilità termica di alcune sostanze in $W/(m * K)$ a 20 °C	
Argento	430
Rame	390
Alluminio	235
Zinco	116
Acciaio	50
Laterizi	0,6
Gomma	0,15

5.4 Conduttori e isolanti termici

Le sostanze che conducono bene il calore si chiamano conduttori termici; i metalli per esempio, sono buoni conduttori termici. Le sostanze che conducono male il calore vengono detti isolanti termici (legno, polistirolo, sughero ecc.). Anche l'acqua è un cattivo conduttore di calore. I buoni conduttori termici hanno coefficiente di conducibilità grande, mentre gli isolanti hanno piccoli coefficienti di conducibilità.

Per l'aria (e in genere i gas) il coefficiente è trascurabile. I gas sono dunque buoni isolanti; essi ritardano la trasmissione del calore. Sono buoni isolanti anche quei corpi che contengono molta aria, come il polistirolo espanso, il legno, le pareti fatte di mattoni forati, le pellicce.

5.5 L'irraggiamento

L'irraggiamento è un meccanismo di trasmissione dell'energia diverso sia dalla conduzione sia dalla convezione, perché avviene in assenza di materia. Per esempio, l'energia emessa dal Sole sotto forma di radiazioni elettromagnetiche si propaga nello spazio interplanetario prima di giungere sulla Terra.

L'irraggiamento è un fenomeno tipico non solo del Sole, ma di ogni corpo. Infatti, qualunque corpo emette radiazioni elettromagnetiche. I corpi più caldi emettono radiazioni visibili, per esempio la fiamma di una candela; quelli meno caldi emettono radiazioni infrarosse, non visibili.

La potenza irradiata da un corpo caldo, cioè l'energia emessa nell'unità di tempo, è direttamente proporzionale all'area della superficie che emette e alla quarta potenza della temperatura assoluta (**legge di Stefan-Boltzmann**):

$$\text{potenza irradiata} = \frac{Q}{\Delta t} = c * A * T^4$$

Dove c è una costante che dipende dal materiale di cui è costituita la superficie emittente.

Quando un corpo viene investito da un'energia raggiante, questa viene in parte assorbita, in parte riflessa e, se il corpo è trasparente, viene trasmessa. La quantità assorbita dipende dalle caratteristiche del corpo che assorbe; per esempio, i corpi ruvidi e scuri assorbono più dei corpi chiari e lisci. Solo la radiazione assorbita produce un riscaldamento del corpo.