

■ La Fisica in breve

La **Fisica** è la scienza che studia i fenomeni naturali, ossia di tutti gli eventi che possano essere descritti in modo anche quantitativo tramite opportune grandezze fisiche, allo scopo di stabilire principi e leggi che ne possano regolarne le relazioni in base alle loro reciproche variazioni. Quest'obiettivo è perseguito attraverso l'applicazione del cosiddetto "metodo scientifico" che porta alla formulazione finale di uno schema semplificato e riproducibile (il "modello") del fenomeno descritto. L'insieme di principi e leggi fisiche relative a una certa classe di fenomeni osservati definiscono una teoria fisica deduttiva, costruita a partire dalla pratica sperimentale dei fenomeni studiati.

Sistemi e proprietà fisiche

Un sistema fisico è un insieme costituito da più parti organizzate tra loro, in modo da rendere funzionale il sistema stesso nel suo complesso.

In altre parole, in un sistema fisico ogni elemento che lo compone svolge una funzione specifica che ne consente l'esistenza e il funzionamento. Ogni sostanza chimicamente pura (come l'acqua, per esempio) costituisce un sistema fisicamente omogeneo, che presenta cioè in qualsiasi sua porzione le stesse proprietà organolettiche e fisiche (colore, odore, densità, peso specifico e stato di aggregazione). Anche le **soluzioni** sono sistemi omogenei in quanto presentano in ogni loro parte proprietà fisiche identiche pur essendo costituite da più sostanze chimiche.

Se un sistema fisico è formato da due sostanze con proprietà fisiche differenti (per esempio, sale da cucina e polvere di ferro) nel loro insieme, si parla di un sistema fisicamente eterogeneo, denominato **miscuglio**.

Separazione di fasi

Per separare tra loro i costituenti di un miscuglio e ottenere di nuovo due sistemi separati, bisogna sfruttare dei metodi di separazione basati sulle diversità fisiche dei diversi componenti del miscuglio, quali per esempio le dimensioni dei costituenti o il loro peso specifico.

I costituenti di una soluzione, invece, sono separabili attraverso cambiamenti di stato dei singoli componenti, come facendo evaporare il solvente acqua in una soluzione di acqua e sale.



A sinistra: acqua e olio non sono miscibili e, quando entrano in contatto, si separano facilmente a causa della loro diversa densità: l'olio, più leggero, galleggerà sull'acqua.



A destra: la produzione del sale nelle saline avviene soprattutto attraverso processi di evaporazione dell'acqua di mare da cui si separa appunto il sale.

Principi di idraulica

Elementi di idrostatica

L'idrostatica è la branca della fisica meccanica che si occupa degli stati di equilibrio in quiete.

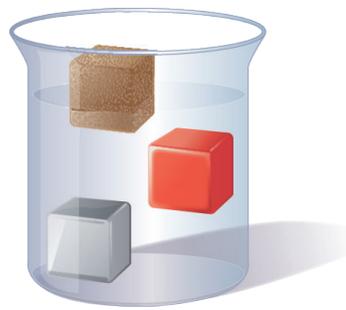
Nella tecnologia chimica e, particolarmente, in quella delle industrie alimentari, i sistemi presi in considerazione sono dipendenti dall'accelerazione di gravità terrestre (g). Ciascuna parte di liquido perfetto (ovvero assunto come modello ideale) per definizione viene intesa libera da qualunque forza, tranne dalla **forza peso**.

Peso specifico

In un liquido, il rapporto tra la forza peso P e il volume V si chiama peso specifico P_s , ed è specifico per ogni sostanza:

$$P_s = \frac{P}{V}$$

L'unità di misura del peso specifico è il kg_p/m^3 . La forza peso P può essere espressa come il prodotto tra P_s e V .



Cubetti dello stesso volume ma di materiali diversi hanno peso diverso e in acqua affondano, rimangono "sospesi" o galleggiano a seconda che il loro peso specifico sia rispettivamente maggiore, simile o inferiore a quello dell'acqua in cui sono immersi.

Pressione idrostatica

Tutti i corpi, solidi, liquidi o aeriformi, hanno un peso e quindi esercitano una pressione. Considerando un liquido, a seconda della sua altezza all'interno di un recipiente, la pressione che esercita sulle pareti varia con l'altezza: aumenta cioè con la profondità in quanto il peso della colonna del liquido aumenta progressivamente.



L'acqua esercita una pressione sulle pareti del recipiente, spingendola in fuori dai buchi. Dai fori posti più in basso l'acqua esce con maggiore forza: significa che la pressione aumenta con la profondità.

La pressione idrostatica p_i di un liquido è la pressione che un certo volume di liquido di peso P esercita sulla superficie di base S :

$$p_i = \frac{P}{S}$$

Utilizzando l'espressione del peso specifico in funzione della forza peso, si ha:

$$p_i = \frac{P_s V}{S} = P_s h$$

dove h è l'altezza della colonna di liquido.

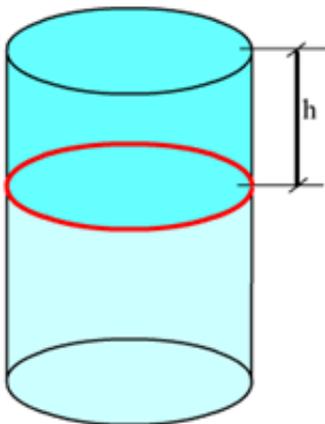
Il peso specifico è legato alla densità ρ , poiché

$$P_s = (m/V) g = \rho \cdot g$$

e utilizzandolo nell'espressione precedente si ha che

$$p_i = \frac{\rho \cdot g \cdot V}{S} = \rho \cdot g \cdot h$$

Quest'ultima espressione è chiamata **legge di Stevino**, la quale afferma che, la pressione idrostatica dovuta al peso di un liquido è direttamente proporzionale sia alla sua densità sia all'altezza h della colonna del liquido, chiamata **altezza piezometrica**, e non dipende dalla forma o dal volume del contenitore.



La pressione esercitata da un liquido è proporzionale, oltre che alla sua densità, alla sua altezza (h) chiamata altezza piezometrica.

Pressione barometrica

Preso un tubo pieno di liquido, tappato, capovolto in una bacinella contenente lo stesso liquido e stappato, si avrà un bagno idropneumatico: il liquido si abbasserà fino all'altezza piezometrica e al di sopra di essa si verrà a formare il cosiddetto **vuoto pneumatico**. La pressione idrostatica sarà quindi uguale alla pressione atmosferica che la controbilancia. Se come liquido si utilizzasse il mercurio, si andrebbe a creare un **barometro**. La pressione atmosferica misurata da questo strumento prende il nome di **pressione barometrica**.

Evangelista Torricelli, fisico della prima metà del 1600, fu l'inventore del barometro. Egli lo tarò in modo che 1 unità di pressione barometrica corrispondesse all'altezza di 760 mm di mercurio (1 torr) a livello del mare. Utilizzando liquidi diversi rispetto al mercurio l'altezza varierebbe.

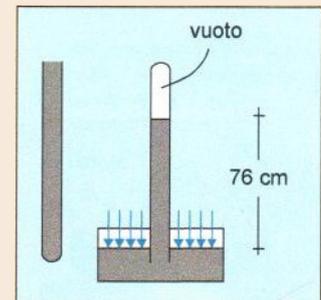
L'esperienza di Torricelli

A Evangelista Torricelli si deve riconoscere il merito di aver per primo misurato la pressione atmosferica. Nel 1644 lo scienziato riempì di mercurio un tubo a fondo cieco lungo circa un metro, e lo dispose con il lato aperto verso il basso in una vaschetta contenente altro mercurio.

Egli osservò che la colonna di mercurio scendeva nella vaschetta lasciando il vuoto dietro di sé, fermandosi a un'altezza di 760 mm dal livello del mercurio nella vaschetta. Torricelli concluse che il peso della colonna d'aria che preme sul mercurio nella vaschetta equilibra la colonna di mercurio.

Infatti sappiamo che sulla parte inferiore della colonna agisce la pressione atmosferica che tende a spingere verso l'alto la colonna. Quando la colonna ha raggiunto un'altezza tale che la pressione esercitata alla base controbilancia perfettamente la pressione atmosferica allora la discesa si interrompe.

Misurando l'altezza della colonna di mercurio sopra alla vaschetta, Torricelli calcolò la pressione atmosferica in millimetri di mercurio. Per secoli la pressione atmosferica è stata misurata in mmHg. Attualmente il Sistema Internazionale utilizza come unità di misura il pascal (Pa).



Pressione effettiva

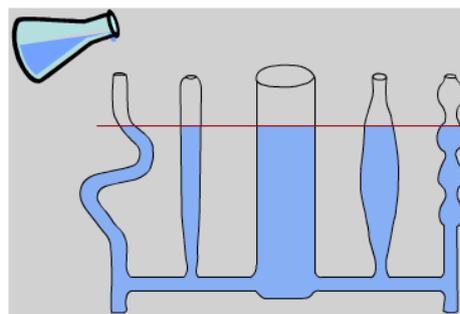
Sommando la pressione idrostatica di un liquido con forze ulteriori che agiscono sullo stesso, si trova la **pressione effettiva** P_{eff} del liquido. Ma se si osserva la pressione effettiva esercitata alla base di un liquido, essa sarà la somma della pressione idrostatica (dipendente solo dal liquido) con la pressione atmosferica P_{atm} che agisce sia sul liquido che sul recipiente di esso:

$$P_{eff} = P_i + P_{atm}$$

Essa si misura con i manometri (la scala del manometro segna 0 se la pressione idrostatica è pari a 1 atmosfera).

Principio dei vasi comunicanti

Un liquido contenuto in due vasi comunicanti tra loro raggiunge lo stesso livello in tutti i vasi, anche se essi differiscono di volume e forma.



Principio di Pascal

La pressione esercitata in un punto qualsiasi di un fluido si trasmette in ogni altro punto di esso con la stessa intensità, indipendente dalla direzione.

Principio di Archimede

Ogni corpo immerso in un fluido riceve una spinta verticale dal basso verso l'altro, uguale per intensità al peso del volume del fluido spostato.

Elementi di idrodinamica

Si utilizza il modello del liquido perfetto, incomprimibile e senza attrito fra le particelle, per introdurre i concetti basilari dell'idrodinamica.

La **corrente** di un fluido è un moto di una certa quantità di fluido che attraversa un condotto. Per prima cosa consideriamo la **corrente stazionaria**, ovvero la corrente dove la velocità di flusso rimane costante.

Portata

La portata è la quantità di fluido che attraversa una sezione di area S nell'unità di tempo. Può distinguersi in **portata volumetrica**, se riferita al volume, o **portata di massa**, se riferita alla massa di un fluido che passa nell'unità di tempo attraverso la sezione S . Quando la sezione è unitaria, la portata è definita come **portata specifica**.

La portata q di una corrente è definita come $q = \frac{V}{t}$.

Se la si volesse esprimere in funzione della sezione e della velocità del fluido, basterebbe considerare che il volume del liquido è il prodotto del tempo per la velocità di sezione: $V = vtS$.

Perciò $q = vS$.

L'unità di misura è il m^3/s . La portata quindi dipende dalla velocità del fluido e dalla sezione del condotto, le quali sono inversamente proporzionali.

Viscosità

La differenza tra un fluido ideale e uno fluido reale è la presenza dell'**attrito viscoso**, provocato dalle forze di attrito fra le particelle, che condiziona il movimento del fluido.

Se prendiamo in esame la corrente di un fluido reale in un condotto, gli strati di fluido che passano tangenzialmente subiranno un forte attrito causato dalle pareti del condotto stesso. A causa della forza di attrito fra le particelle, gli strati più centrali della corrente risentiranno dell'attrito della parete, in modo sempre più attenuato.

Infatti è stato verificato sperimentalmente che la forza di attrito F è direttamente proporzionale alla velocità di flusso v , e inversamente proporzionale alla distanza d dalla parete del condotto. Inoltre F dipende da η , un valore che dipende dalla natura del fluido e prende il nome di **coefficiente di viscosità**:

$$F = \eta \frac{S \cdot v}{d}$$

Legge di Stokes

La legge di Stokes esprime la forza di attrito viscoso a cui è soggetta una sfera in moto laminare rispetto a un fluido.

Se un corpo sferico di raggio r , su cui è esercitata la forza gravitazionale g , è immerso in un fluido con coefficiente di viscosità η , si potrà notare che esso sarà sottoposto a varie forze che gli determineranno un moto o verso l'alto o verso il basso, la cui velocità è data da:

$$v = \frac{2r^2g(\Delta\rho)}{9\eta}$$

dove $\Delta\rho$ rappresenta la differenza di densità tra il corpo e il fluido.

Moto dei fluidi e numero di Reynolds

Il moto di un fluido può essere di due tipi.

Il moto è a **regime laminare** quando la distribuzione della velocità delle particelle di un fluido reale che si muove attraverso un condotto ha forma parabolica, mentre è a **regime turbolento** quando è uniforme.

Il primo caso si verifica quando il moto è abbastanza lento e la **viscosità** η abbastanza alta: le particelle del flusso si distribuiscono in modo parabolico e si realizza il regime laminare. Il secondo caso si verifica se il fluido supera un limite critico; questo provoca la formazione di vortici che rimescolano la massa liquida, stabilendo un fronte quasi lineare. Il passaggio tra i due regimi dipende dalla **densità** ρ , dalla viscosità η , dalla velocità media v del fluido, dal diametro D del tubo.

Il **numero di Reynolds** (Re) è la relazione fra queste quattro grandezze, il quale viene impiegato per conoscere il limite critico che trasforma un regime laminare in un regime turbolento:

$$Re = \frac{vD\rho}{\eta}$$

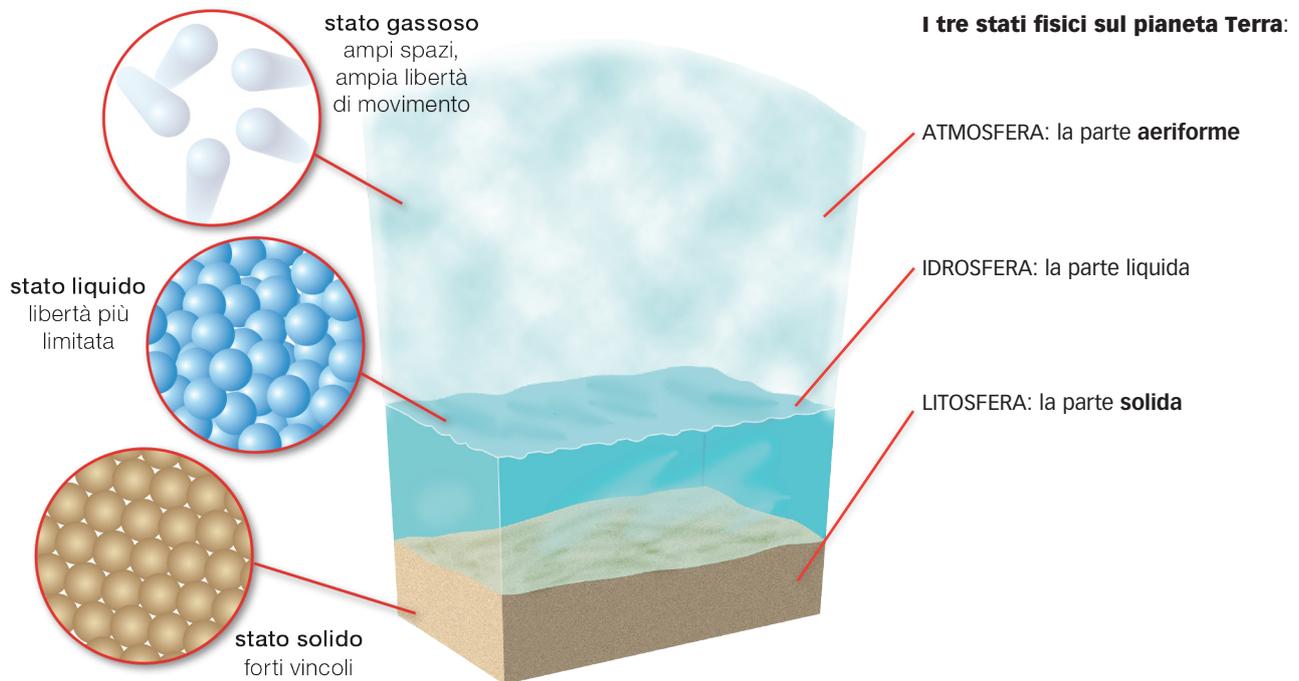
Effetto Venturi

La velocità di un fluido che scorre in un tubo è inversamente proporzionale alla pressione del fluido stesso. Questo effetto è una conseguenza del Teorema di Bernoulli, secondo cui, considerando un fluido perfetto in movimento all'interno di un tubo (in assenza di attrito), per ogni sua particella è costante la somma delle energie cinetica, potenziale e di pressione a cui è sottoposta.

Moltissime tecnologie, come il volo degli aeroplani, il ricambio d'aria in una macchina o gli iniettori di vapore, si basano sull'effetto Venturi.

Stati fisici della materia

Sul nostro pianeta la materia può assumere tre stati fisici, che variano a seconda della temperatura e della pressione: solido, liquido e aeriforme.



Le particelle che costituiscono un gas hanno ampia libertà di movimento; in un liquido hanno libertà più limitata e nei solidi sono presenti forti vincoli che mantengono quasi immobili le particelle.

Stato solido

Nello stato solido le molecole della materia sono legate da forze molto intense che consentono soltanto moti di vibrazione. Nella maggior parte dei casi esse sono organizzate secondo un reticolo cristallino o in maniera amorfa. La caratteristica principale dei corpi solidi è il mantenimento invariato del loro volume e della loro forma, infatti l'unico modo per variare quest'ultima è l'applicazione di forze abbastanza intense da spezzare i legami molecolari, causando però la rottura o il taglio del corpo.

Stato liquido e aeriforme

Entrambi questi stati sono fluidi, ovvero le forze tra i componenti della materia sono meno intense ed essi sono liberi di scorrere gli uni sugli altri e perdere facilmente la propria forma. La differenza principale tra i due stati è che la materia allo stato liquido mantiene il proprio volume e non si può comprimere, mentre la materia allo stato aeriforme si può diffondere ed espandersi e perciò è comprimibile. Lo stato aeriforme può essere suddiviso in gas o vapore. Lo stato gassoso di una sostanza non può coesistere con il suo stato liquido, mentre si possono trovare sostanze in cui coesistono lo stato di vapore e lo stato liquido.

La trasformazione da vapore a gas si ha dopo determinati valori di temperatura e pressione.

Legge di stato dei gas perfetti

Con l'espressione "gas perfetto" si intende un gas con particelle che non esercitano interazioni e molto piccole rispetto alle loro distanze medie. Esso risponde alla seguente legge:

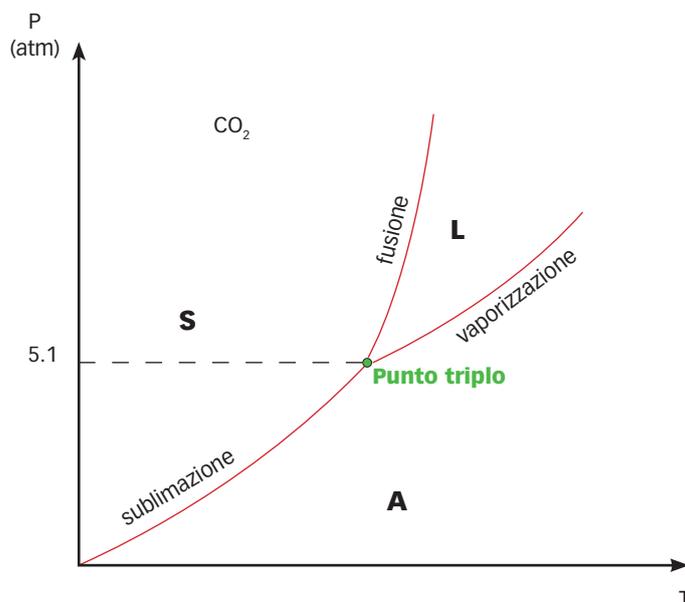
$$PV = nRT$$

cioè per un gas perfetto il prodotto tra pressione P e volume V corrisponde al prodotto del numero di moli n per la temperatura assoluta T , mentre R è la costante.

Passaggio di stato

La materia cambia il suo stato fisico in base alla temperatura e alla pressione. Questi valori stabiliscono lo stato del corpo. Per studiare il passaggio tra uno stato e l'altro si può utilizzare un diagramma, avente come ascisse i valori della temperatura e come ordinate i valori della pressione. Così facendo si potranno analizzare tre campi diversi: S dove il corpo è solido, L dove è liquido e A dove è aeriforme.

Esistono delle condizioni di equilibrio tra due stati, rappresentati da punti sulla curva, diversa per ogni sostanza (nel grafico seguente la CO_2). Il **punto triplo** è l'unico punto in cui è possibile la coesistenza di tutti e tre gli stati.



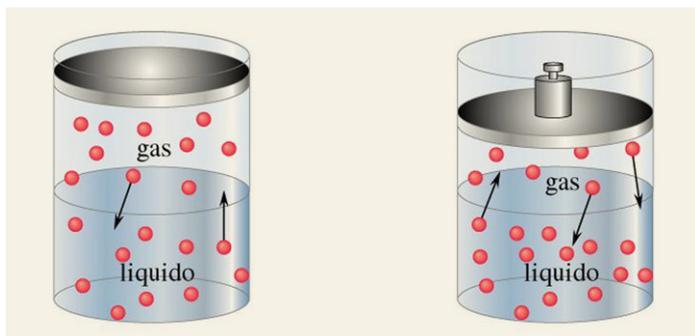
Tensione di vapore

Se una sostanza allo stato liquido si trova in un recipiente avente come base superiore un pistone mobile, e alziamo il pistone, il volume aumenta di una quantità ΔV , si crea una depressione e alcune molecole del liquido evaporano per contrastare la pressione esercitata sul pistone dall'esterno, superando la forza di coesione. Le molecole però non sono in grado di controbilanciare la pressione esercitata dall'esterno sul pistone, e una volta raggiunta la superficie interna di questo, ricadono all'interno dell'acqua. All'inizio il numero di molecole che ricadono nel liquido è inferiore rispetto al numero che evapora, però quando il primo numero aumenta diminuisce il numero delle molecole che evaporano. In questa situazione si dice che il vapore è **saturo** e la pressione da esso esercitata si chiama **pressione** o **tensione del vapore saturo**. La formazione del vapore è data dalla ricerca di un equilibrio tra la pressione interna ed esterna e, aumentando o diminuendo il volume del recipiente, le molecole evaporeranno o condenseranno fino ad avere un bilanciamento delle pressioni. Quando la pressione del vapore tende a diminuire, il vapore non è più saturo; questo accade dopo che anche l'ultima goccia del liquido evapora.

Legge di Henry

La **legge di Henry** regola la solubilità dei gas in un liquido. In particolare essa sostiene che: **“un gas che esercita una pressione sulla superficie di un liquido vi entra in soluzione finché avrà raggiunto in quel liquido la stessa pressione che esercita sopra di esso”**.

Ovvero che a temperatura costante, la solubilità di un gas è direttamente proporzionale alla pressione che il gas esercita sulla soluzione. Raggiunto l'equilibrio, il liquido si definisce **saturo** di quel gas a quella pressione. Tale stato di equilibrio permane fino a quando la pressione esterna del gas resterà inalterata, altrimenti, se essa aumenta, altro gas entrerà in soluzione; se diminuisce, il liquido si troverà in una situazione di sovrassaturazione e il gas si libererà tornando all'esterno fino a quando le pressioni saranno nuovamente equilibrate.



Aumentando la pressione sovrastante il liquido (a destra) aumenta proporzionalmente la quantità di gas che passa in soluzione.

Pressioni parziali: legge di Dalton

Emettendo aria secca in presenza di vapore saturo, si avrà una fase costituita da aria e vapore acqueo in condizioni di saturazione, poiché gli attributi parziali delle pressioni di gas incondensabili si sommeranno alla pressione del vapore saturo.

Questo fenomeno è trattato nella legge di Dalton, la quale afferma che:

“la pressione totale esercitata da una miscela ideale di gas ideali è uguale alla somma delle pressioni parziali che sarebbero esercitate dai gas se fossero presenti da soli in un eguale volume”.

Quindi si potrebbero lasciare invariate le condizioni di saturazione e condensare gradatamente tutto il vapore contemporaneamente, senza che la pressione aumenti, solo comprimendo una miscela come quella appena descritta. Ovviamente, l'esaurimento di vapore e una nuova compressione comporterà inevitabilmente l'aumento del valore della pressione.

Umidità

L'**umidità assoluta** u_{Ass} è la percentuale in volume del vapore acqueo nell'aria. Se in un contenitore con aria secca, chiuso, si aggiunge una piccola quantità d'acqua, essa dopo un po' evaporerà, andando così a definire una parte dell'aria, quindi si formerà l'umidità. Aggiungendo sempre più acqua si arriverà alla saturazione, e l'**umidità assoluta** corrisponderà all'umidità di saturazione u_{Sat} .

Il rapporto tra l'umidità assoluta e l'umidità di saturazione, moltiplicato per cento, è definito **umidità relativa** u_{Rel} .

$$u_{Rel} = \frac{u_{Ass}}{u_{Sat}} \times 100$$

Principi di termologia

La termologia è quella branca della fisica che si occupa del calore e della temperatura dei sistemi materiali. È necessario non confondere la grandezza calore con la grandezza temperatura: infatti il **calore** è una forma di energia, definito anche **energia termica**, mentre la **temperatura** è un modo di misurare l'energia media di movimento delle particelle che costituiscono un corpo.

Grandezze fondamentali

Calore sensibile

Il **calore sensibile** Q_s è il calore che un corpo può scambiare mantenendo inalterato il proprio stato fisico.

A livello microscopico, una variazione di calore di un corpo corrisponde a una variazione di energia di movimento delle particelle che lo compongono. Questo porta anche a una variazione di temperatura del corpo stesso.

Il calore sensibile è quella trasmissione di energia spontanea che avviene da un corpo di temperatura maggiore a un corpo con temperatura minore: il primo cederà calore al secondo, scendendo di temperatura, fino a quando la temperatura dei due corpi sarà uguale.

Capacità termica

La **capacità termica** C di un corpo è la quantità di calore sensibile che un corpo scambia per variare la sua temperatura di un grado centigrado.

Questo vuol dire che se un corpo ha una capacità termica molto grande occorrerà molto calore per variare la sua temperatura di 1 grado. Questo concetto spiega chiaramente la differenza tra le grandezze di temperatura e calore. Inoltre, il calore sensibile Q_s corrisponde al prodotto della capacità termica C per l'incremento di temperatura T :

$$Q_s = C \cdot \Delta T$$

Calore specifico

La capacità termica di un corpo dipende sicuramente dalla sua massa ma anche dal tipo di materiale con cui è costituito il corpo. Perciò si va a definire il **calore specifico** c_s della sostanza, ovvero la quantità di calore che occorre per innalzare la temperatura di 1 grammo di sostanza di 1 grado centigrado: $C = m \cdot c_s$

Perciò sostituendo nell'equazione precedente si otterrà:

$$Q_s = C \cdot \Delta T = m \cdot c_s \cdot \Delta T$$

Calore latente

Il calore latente λ è la quantità di energia necessaria allo svolgimento di un passaggio di stato. L'unità di misura del calore latente nel Sistema internazionale è J/kg.

Energia

L'energia è la capacità di un corpo di compiere lavoro. Essa può avere forme e modalità molto diverse: può essere meccanica, chimica, termica, magnetica. L'unità di misura dell'energia è il **joule** (J) nel SI, ma nei processi industriali viene utilizzata la **kilocaloria** (kcal); tra le due misure c'è un rapporto costante, che prende il nome di equivalente meccanico della caloria:

$$1 \text{ kcal} = 4186 \text{ J}$$

Potenza

La potenza è l'energia spesa in unità di tempo. Si misura in **watt (W)**, infatti $W = J/s$.

Trasmissione di calore

Il calore si può trasmettere in tre diverse modalità a seconda dello stato fisico del mezzo in cui avviene la trasmissione.

- **Trasmissione del calore per conduzione:** avviene senza spostamento di materia. A livello microscopico le particelle scambiano energia cinetica vibratoria. Buoni conduttori sono soprattutto i metalli, e questo tipo di trasmissione avviene per lo più nei solidi e raramente e a quantità inferiori, nei liquidi.
- **Trasmissione del calore per convezione:** avviene con spostamento di materia all'interno del mezzo. Il calore si trasmette dopo lo scambio di energia cinetica durante gli spostamenti di particelle di un liquido o di un gas. Un esempio di questo tipo di trasmissione è il **ciclo convettivo**: un fluido viene scaldato dal basso; la parte riscaldata tenderà a muoversi verso l'alto, dove scambierà calore col fluido freddo e tornerà a raffreddarsi per poi rideposarsi sul fondo e, in seguito, tornare a essere riscaldata.
- **Trasmissione del calore per irraggiamento:** avviene per mezzo di propagazione di un'onda elettromagnetica dalla sorgente al sistema da riscaldare. In questa trasmissione non servono corpi per veicolare il calore (per esempio il calore solare). La **relazione di Stefan-Boltzmann** spiega il collegamento che c'è tra calore emesso per irraggiamento e temperatura:

$$Q = \sigma T^4$$

dove σ è il coefficiente di trasmissione, caratteristica del corpo radiante.



Il mestolo d'acciaio lasciato nell'acqua bollente... scotta! Il cucchiaino di legno lasciato per uno stesso tempo si scalda solo moderatamente. L'acciaio conduce il calore meglio del legno, che è un buon isolante termico.

I chicchi di riso nell'acqua bollente evidenziano il movimento della massa d'acqua dal basso verso l'alto per convezione.



Se avviciniamo una mano a una sorgente luminosa, come la lampadina, ci rendiamo conto che da essa si propaga calore per irraggiamento.

Flusso di calore

Il **flusso di calore** F è la quantità di calore Q trasmessa nell'unità di tempo t :

$$F = \Delta Q / \Delta t$$

Principi di termodinamica

La termodinamica è quella branca della fisica che studia tutti i fenomeni per cui avvengono scambi di calore tra più sistemi fisici. Qualsiasi sistema fisico che scambia calore o compie un lavoro è un sistema termodinamico. Se scambia sia energia che materia con un sistema esterno o con l'ambiente, è definito **aperto**. Se scambia energia ma non materia, con un sistema esterno, è definito **chiuso**. Se non scambia nulla con l'esterno è definito **isolato**.

I processi termodinamici possono essere di varia tipologia. Si definisce processo **adiabatico** quando non avvengono scambi di calore tra un sistema termodinamico e l'esterno, **isotermico** quando il processo avviene a temperatura costante, **isobaro** quando il processo avviene a pressione costante, **isocoro** se il volume rimane costante durante la trasformazione o **politropico** se non si mantiene costante nessuna grandezza.

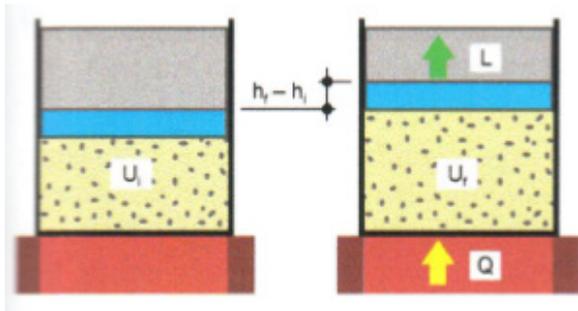
Primo principio della termodinamica

Quando si somministra calore a un sistema termodinamico costituito da un gas contenuto in un cilindro con il fondo a contatto con un termostato e superiormente chiuso da un pistone mobile, avviene un sollevamento del pistone stesso che, quindi, compie un lavoro. Questo fenomeno è dovuto all'aumento dell'energia interna del gas, proporzionale al calore somministrato. È possibile quindi affermare che:

$$Q = (U_f - U_i) + L$$

dove U_f e U_i sono rispettivamente l'energia interna finale e iniziale del sistema e L è il lavoro compiuto dal pistone.

Da qui possiamo enunciare il primo principio della termodinamica: la variazione ΔU dell'energia interna di ogni sistema termodinamico, qualunque sia la variazione che esso subisce, è uguale alla differenza fra la quantità di calore Q che il sistema assorbe dall'ambiente e il lavoro L che compie sull'ambiente:



Applicando una quantità di calore Q al sistema termodinamico U_i si determina la sua espansione U_f e lo spostamento del pistone sovrastante (da h_i a h_f) compiendo un lavoro meccanico (L). La differenza tra l'energia iniziale e finale (U_f) del sistema è pari alla differenza tra l'energia termica fornita (Q) e il lavoro svolto (L).

$$\Delta U = Q - L$$

Lo stato interno in cui si trova il sistema determina l'energia interna di un sistema termodinamico. Questo significa che la differenza tra uno stato iniziale e uno finale non dipende dal tragitto che il sistema ha percorso per arrivare allo stato finale ma dagli stati stessi. Tutte le grandezze con questa caratteristica si definiscono **funzioni di stato**.

Secondo principio della termodinamica

Il secondo principio è riassunto nell'enunciato del fisico Rudolph Clausius: "È impossibile realizzare una trasformazione il cui unico risultato sia il passaggio di calore da un corpo a temperatura minore a un altro a temperatura maggiore". Anche Kelvin aveva enunciato lo stesso principio in forma diversa: "Nessun sistema può compiere una trasformazione il cui risultato sia solamente quello di convertire in lavoro meccanico il calore prelevato da un unico serbatoio termico".

Entalpia

L'entalpia H è una grandezza che possiede la proprietà di essere una funzione di stato. È definita come il calore a pressione costante:

$$H = Q_{\text{pressione costante}}$$

Entropia

Grandezza che misura il grado di disordine di un sistema fisico.

Energia libera

Grandezza termodinamica che prevede se un fenomeno può manifestarsi spontaneamente. Considera sia l'abbassamento del contenuto entalpico di un sistema, che l'aumento del grado di disordine.