

Fisica

UNITN - Lazzerini Thomas, Cappelletti Samuele

Marzo 2021

Nel presente documento sono presenti gli appunti relativi alla teoria del corso "**Fisica**" dell'anno **2021-2022** tenuto dal **professor Iuppa**).

Indice

1	Termodinamica	3
1.1	Numero di Avogadro	3
1.2	Sistema termodinamico	3
1.3	Variabili termodinamiche	3
1.4	Equilibrio termodinamico	4
1.5	Trasformazione termodinamica	4
1.6	Temperatura	4
1.6.1	Unità di misura temperatura	4
1.6.2	Punto triplo dell' H_2O	5
1.6.3	Termometro	5
1.6.4	Contatto termico	5
1.6.5	Principio zero della termodinamica	5
1.7	Cambi di fase	6
1.7.1	Calori latenti	6
1.7.1.1	Esempio	7
1.8	Trasferimento di calore	8
1.8.1	Conduzione	8
1.8.1.1	La costante di conducibilità	9
1.8.2	Convezione	9
1.8.3	Irraggiamento	9

1 Termodinamica

La **termodinamica** è il ramo della fisica classica e della chimica che studia e descrive le trasformazioni termodinamiche indotte da calore a lavoro e viceversa in un sistema termodinamico, in seguito a processi che coinvolgono cambiamenti delle variabili di stato temperatura ed energia.

Ci ricordiamo ora che il lavoro delle forze non conservative è la variazione di energia meccanica, ovvero come segue,

$$W_{N.C.} = E_f - E_i$$

1.1 Numero di Avogadro

Consideriamo ora un numero molto alto di costituenti del sistema. Le relazioni che ci sono tra di essi sono espresse in un'unità di misura che è il **numero di Avogadro**,

$$N_A = 6,022 * 10^{23} = 1mol$$

esso indica quanti costituenti fondamentali sono contenuti in una certa quantità di sostanza detta **mole**.

1.2 Sistema termodinamico

Nella termodinamica vediamo l'universo composto da due parti, il **sistema termodinamico** e l'**ambiente**. Tra questi due c'è un'interazione/scambio continuo ed in base a questo scambio definiamo i diversi tipi di sistemi termodinamici:

	ENERGIA	MATERIA	ESEMPIO
APERTO	sì	sì	pentola d'acqua che bolle senza coperchio
CHIUSO	sì	no	pentola d'acqua che bolle con coperchio
ISOLATO	no	no	contenitore isolato che contiene acqua
IMPOSSIBILE	no	sì	impossibile, scambio materia => scambio energia

1.3 Variabili termodinamiche

Le **variabili termodinamiche**, anche dette **coordinate termodinamiche**, si distinguono in **grandezze estensive**, ovvero quelle che dipendono dall'estensione del sistema termodinamico (eg. volume, massa), e **grandezze intensive**, ovvero quelle che non dipendono dall'estensione del sistema termodinamico (eg. pressione, temperatura, densità).

Queste variabili sono anche distinte in **variabili globali**, ovvero quelle che sono riferibili a tutto il sistema (come la temperatura, nel caso in cui si lasci abbastanza tempo ad un corpo di scaldarsi/raffreddarsi), e **variabili locali**, ovvero quelle che sono riferibili ad una parte del sistema (come la densità, se si pensa ad una torta con crema e frutta, queste due avranno densità diversa).

Il loro numero dipende dal sistema che sto considerando e le più famose sono **pressione**, **temperatura**, **volume**, **densità**, **massa**,...

Osserviamo che per i sistemi di gas useremo pressione, volume e temperatura ed inoltre il numero di moli e di componenti.

1.4 Equilibrio termodinamico

L'**equilibrio termodinamico** di un sistema termodinamico si ha quando tutte le suoi corpi/componenti sono in:

- **equilibrio meccanico**: ovvero quando non ci sono momenti delle forze che agiscono tra i suoi corpi/componenti, qualsiasi questi siano.
- **equilibrio termico**: ovvero quando non c'è nessuna differenza di temperatura tra i suoi corpi/componenti, qualsiasi questi siano.
- **equilibrio chimico**: ovvero quando non c'è nessuna reazione chimica tra i suoi corpi/componenti, qualsiasi questi siano.

1.5 Trasformazione termodinamica

Una **trasformazione termodinamica** è il passaggio del sistema termodinamico da uno stato termodinamico ad un altro.

Un esempio è il passaggio da caldo a freddo, in esso ci sono tanti passaggi/variazioni:

- **espansione/contrazione** di liquidi e gas
- variazione resistenza elettrica
- variazione differenza di potenziale
- variazione di riflettività/trasmittanza

1.6 Temperatura

La **temperatura** si misura su una scala e corrisponde alla media dell'energia cinetica dei componenti del sistema, ovvero quanto i componenti "sono agitati".

1.6.1 Unità di misura temperatura

La temperatura si misura con diverse unità di misura, **Celsius** ($^{\circ}\text{C}$), **Fahrenheit** ($^{\circ}\text{F}$) e **Kelvin** (K). Osserviamo che il simbolo della temperatura, per il Kelvin è **T**, mentre per le altre unità di misura è **t**, quindi la maiuscola è solo per il Kelvin.

Per passare da una u.d.m. all'altra le formule sono le seguenti,

$$t(^{\circ}\text{C}) = T(\text{K}) - 273.16$$
$$t(^{\circ}\text{F}) = \frac{9}{5}t(^{\circ}\text{C}) + 32$$

e le restanti si possono ricavare da queste.

1.6.2 Punto triplo dell' H_2O

Il **punto triplo dell' H_2O** è il punto in cui coesistono i 3 stati della materia, che nel caso dell' H_2O sono ghiaccio, acqua e vapore acqueo, e corrisponde a

$$T_0 = 273.16K = 0^\circ C$$

1.6.3 Termometro

Un **termometro** è un sistema fisico, usato come strumento, che ci permette di esprimere le variazioni di temperatura in funzione di una grandezza fisica,

$$\begin{aligned}\Delta T &\rightarrow \Delta X \\ T &= T(x)\end{aligned}$$

Nel caso di termometro a mercurio, la grandezza fisica è la lunghezza della colonnina di mercurio che leggiamo.

Si cerca di far sì che questa lunghezza sia lineare, ovvero che cresca linearmente con la temperatura, in modo che,

$$T = T(X) = \beta X$$

Quando si costruisce un termometro si deve calibrarlo, per farlo si prende una temperatura di riferimento (T_0) e si misura la lunghezza (X_0), poi con questi due dati si calcola,

$$\beta = \frac{T_0}{X_0}$$

1.6.4 Contatto termico

Supponiamo di avere tre corpi, A, B e C a contatto tra loro come in figura, con temperature iniziali $T_{A,i}$, $T_{B,i}$ e $T_{C,i}$ corrispondentemente, diverse tra di loro.

Dopo un periodo di tempo abbastanza lungo, le tre temperature, $T_{A,f}$, $T_{B,f}$ e $T_{C,f}$, saranno uguali. Se invece aspettiamo poco tempo, ci si può trovare in diverse situazioni a seconda del tipo di contatto tra i corpi.

Le pareti si dividono quindi in:

- **pareti diatermiche:** permettono lo scambio di calore grazie all'ottimo contatto
- **pareti adiabatiche:** non permettono scambio di calore, sono quindi "isolanti"

Il **contenitore adiabatico** è un contenitore isolante termicamente.

Osserviamo che in pratica, se si aspetta un tempo sufficientemente lungo, niente è perfettamente isolante.

1.6.5 Principio zero della termodinamica

Il principio zero della termodinamica dice che se due corpi sono entrambi in equilibrio termico con un terzo corpo, allora lo sono anche fra loro, ovvero se A e B sono in equilibrio termico e B e C sono in equilibrio termico, allora anche A e C sono in equilibrio termico.

Questo si traduce nel fatto che se,

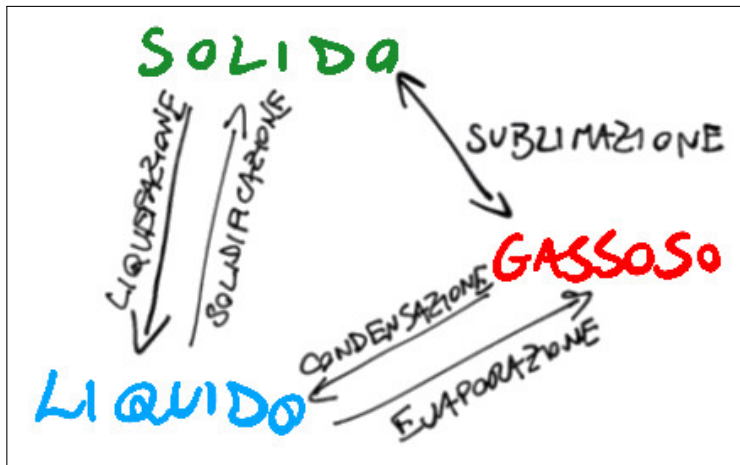
$$T_A = T_B \quad \text{AND} \quad T_B = T_C \quad \Rightarrow \quad T_A = T_C$$

1.7 Cambi di fase

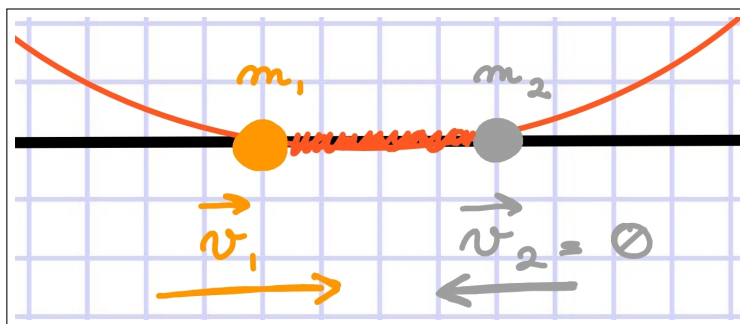
La materia può trovarsi in **3 diversi stati**:

- solido: il corpo ha forma e volume propri;
- liquido: il corpo ha un volume proprio ma assume la forma del recipiente che lo contiene;
- gassoso: il corpo, molto spesso aeriforme, assume forma e volume del recipiente che lo contiene;

Sotto certe condizioni, un corpo può passare da uno stato all'altro, questo passaggio, in base agli stati iniziale e finale, ha diversi nomi:



Quando si parla di termodinamica, le "scale di misura" importanti sono volume, **pressione e temperatura**, se prendiamo le ultime 2 e le rappresentiamo su un piano cartesiano otteniamo quello che viene detto **diagramma di fase**:



Ovviamente varia da materiale a materiale, ma sostanzialmente la forma è quella. Prendendo ad esempio l'acqua, in corrispondenza di $T = 273,16K$ e $P = 611Pa$ abbiamo quello che si definisce **punto triplo**, ovvero quel punto in cui le **3 linee di demarcazione si intersecano**. In questo punto, i 3 stati possono coesistere contemporaneamente (in rosso nell'immagine)! È particolarmente importante perché **definisce la scala di temperatura**. Un altro punto particolarmente importante è quello che viene definito **punto critico**, ovvero il punto in cui **finisce la linea di demarcazione tra liquido e gas**. In particolare, oltre quel punto, gli stati gassoso e liquido non sono più distinguibili (fluido supercritico).

1.7.1 Calori latenti

Immaginiamo di voler far passare dell'acqua dallo stato liquido a quello gassoso: osservando il diagramma di fase, possiamo notare che per farlo potremmo far variare la pressione, mantenendo la temperatura

stabile, oppure modificare la temperatura mantenendo la pressione stabile (oppure anche modificare entrambe ovviamente). Se decidessimo di mantenere la temperatura stabile, e quindi spostarci solo sull'asse P, potremmo notare che per mantenere la temperatura effettivamente stabile **dobbiamo fornire calore al sistema!** Il passaggio da liquido a gassoso, in genere, **ha bisogno di assorbire calore dall'ambiente circostante per effettuare il cambio di fase**. Allo stesso modo, se passassimo da gassoso a liquido dovremmo **assorbire noi calore** per poter mantenere la temperatura stabile.

In particolare, questo "calore che non fa variare la temperatura", definito **calore latente di fusione/evaporazione/...**, è proporzionale alla massa dell'oggetto sottoposto al cambio di fase, in particolare la formula è:

$$Q_{\lambda} = \lambda * m$$

Il parametro importante di questa formula è il λ , ovvero la **costante di calore latente** e varia da materiale a materiale e, soprattutto, in base alla temperatura alla quale si trova il corpo sottoposto al cambio di fase. Facciamo alcuni esempi con l'acqua:

$$\lambda_{fusione} = 3,3 * 10^5 \frac{J}{Kg} <==> 273,16K \quad \lambda_{evaporazione} = 22,6 * 10^5 \frac{J}{Kg} <==> 373,16K$$

Idealmente, se andiamo verso lo stato solido (nel diagramma di fase saliamo verso l'alto sull'asse della pressione) è **il cambio di fase a darci calore** (siamo noi che dobbiamo assorbirlo), quindi abbiamo:

$$Q_{\lambda} = -\lambda * m$$

Se invece andiamo verso lo stato gassoso (nel diagramma di fase scendiamo verso il basso sull'asse della pressione) siamo **noi che dobbiamo dare calore al cambio di fase** (è il cambio di fase che lo assorbe), quindi abbiamo:

$$Q_{\lambda} = +\lambda * m$$

Nota che facciamo questo discorso (noi che forniamo calore, noi che assorbiamo calore). I **calori latenti** sono molto interessanti in quanto sono uno dei pochi casi in cui **abbiamo uno scambio di calore senza un'effettiva variazione di temperatura**.

1.7.1.1 Esempio Facciamo un veloce esercizio: *abbiamo 1 litro di acqua liquida ad una temperatura di 273,16 K, quanto calore dobbiamo fornire/sottrarre dal sistema per solidificare l'acqua mantenendo la temperatura costante?*

Allora, la prima cosa da notare è che **da liquido vogliamo passare a solido**, quindi la costante che ci interessa sarà **quella della fusione "al contrario"**. Avremmo allora:

$$Q_{\lambda} = \lambda_{solidificazione} * m = -\lambda_{fusione} * m$$

Ora, un altro problema è che noi abbiamo **litri** di acqua, non chili. Ricorda che i **litri sono un'unità di misura del volume**, quindi ci basta semplicemente **moltiplicare il volume per la densità dell'acqua** (in particolare $1 \frac{Kg}{dm^3}$, aka. $1 \frac{Kg}{l}$, infatti $1litro = 1dm^3$). Tornando a noi, avremmo:

$$\begin{aligned} Q_{\lambda} &= -\lambda_{fusione} * m \\ &= -\lambda_{fusione} * \delta_{H_2O} * V_{H_2O} \\ &= -3,3 * 10^5 \frac{J}{Kg} * 1 \frac{Kg}{l} * 1l \\ &= -3,3 * 10^5 J = -330KJ \end{aligned}$$

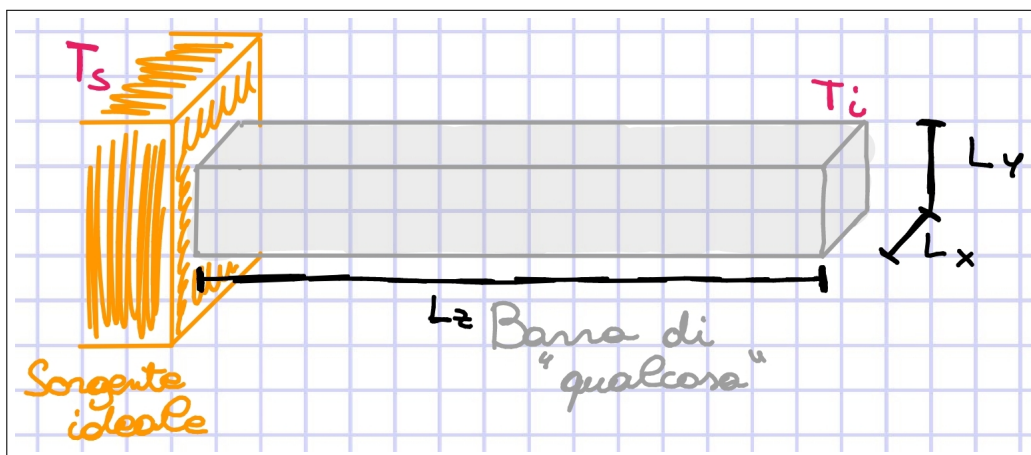
1.8 Trasferimento di calore

Iniziamo col ricordare che il calore non è altro che "*energia in movimento*": fisicamente parlando, un corpo **non ha calore**, ma **ha energia** (ricordalo per l'orale :P). Detto ciò, introduciamo i 3 principali metodi per il trasferimento del calore:

- conduzione;
- convezione;
- irraggiamento;

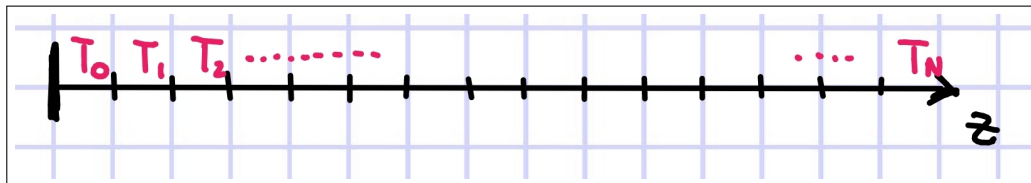
1.8.1 Conduzione

Ovvero il **trasferimento di energia tramite contatto**, immaginiamo di avere una barra di "*qualcosa*" collegata ad una **sorgente di calore ideale** (definiamo sorgente di calore ideale un *corpo ideale capace di fornire/assorbire calore all'infinito*):



La barra inizialmente si trova ad una sua **temperatura iniziale** T_i , mentre la sorgente si trova costantemente ad una **temperatura** T_s . Supponendo che le dimensioni L_x ed L_y della barra (la sua sezione trasversale) siano **trascurabili**, possiamo immaginarla di **dividerla in tratti infinitesimali** per lunghezza. Se lasciamo scorrere il tempo, i **tratti vicini alla sorgente cambieranno la loro temperatura**, avvicinandosi (fino a raggiungere) T_s . Dopo un certo tempo, avremo che **tutta la barra raggiungerà la temperatura** T_s .

Come facciamo a quantificare il tutto? Come detto prima, immaginiamo di dividere la barra in molte sezioni trasversali:



Ora, possiamo notare diverse "proporzionalità":

- $Q \propto \Delta T$: il calore assorbito dalla barra è **proporzionale alla differenza di temperatura tra le sue sezioni trasversali**;

- $Q \propto \Delta t$: il calore assorbito dalla barra è **proporzionale al tempo per cui resta a contatto con la sorgente ideale** (più tempo resto a contatto e più calore assorbo);
- $Q \propto S$: il calore assorbito dalla barra è **proporzionale alla superficie di contatto tra la barra e la sorgente** (più superficie ho a contatto con la sorgente e più calore assorbo);

Se consideriamo **tratti infinitesimi** possiamo ricavare la **legge di Fourier**, ovvero:

$$dQ = -K * \frac{dT}{dz} * dS * dt$$

Analizziamola un po': sostanzialmente ci sta dicendo che la *quantità infinitesima di calore **assorbito dalla barra*** (e quindi sottratto alla sorgente, per quello il segno -) è *proporzionale alla differenza di temperatura per unità di lunghezza* ($\frac{\Delta T}{dz}$), *alla superficie trasversale della barra* (dS) e *al tempo di contatto* (dt). *Tutto ciò è regolato da una costante di proporzionalità* (K , nota che è **DIVERSA** dal Kelvin) *che rappresenta la **conducibilità del materiale**.*

1.8.1.1 La costante di conducibilità Se ci rigiriamo un po' la formula di Fourier, possiamo facilmente notare che l'unità di misura di questa costante corrisponde a $\frac{[energ]}{[lung]*[temp]*[temperat]}$, in particolare avremmo $\frac{J}{m*s*K}$. Più è grande questa costante e più facilmente il nostro materiale condurrà calore, vediamo qualche esempio:

- alluminio: $200 \frac{J}{msK}$, buon conduttore di calore;
- sughero: $0,04 \frac{J}{msK}$, cattivo conduttore di calore

Nota che, la maggior parte delle volte, i buoni conduttori di calore sono anche buoni conduttori di energia elettrica (quindi i metalli).

1.8.2 Convezione

1.8.3 Irraggiamento