

Laboratorio di Chimica dell'ITIS "E.Majorana"
di Grugliasco

(www.itismajo.it/chimica)

Corso competenze di base

Ambito chimico

(Seconda parte)

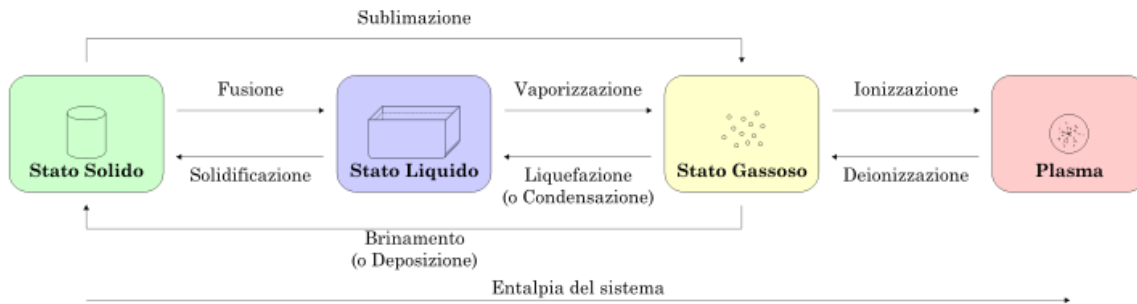
La dispensa è stata realizzata dalla prof. A. Martini con la collaborazione, per la parte laboratoriale, del tecnico G. Rizzo

La dispensa è stata realizzata dalla prof. A. Martini con la collaborazione, per la parte laboratoriale, del tecnico G Rizzo

2. Stati di aggregazione e passaggi di stato

2.1 – Stati di aggregazione della materia

Un altro criterio per classificare i materiali che ci circondano è quello di suddividerli in base al loro stato fisico fondamentale cioè a temperatura e pressione ambiente. La materia può esistere in quattro stati di aggregazione: solido, liquido, gas e plasma.



Noi studieremo solo i primi tre perché, il **plasma**, pur essendo lo stato più abbondante nell'universo (circa il 99 %, costituendo la materia di cui sono fatte le stelle, compreso il Sole, e le nebulose), esiste solo in condizioni molto drastiche (temperature superiori a 5000 °C) e quindi sulla Terra è presente, oltre che in laboratorio, solo nei fulmini o nelle aurore boreali.



Il fulmine è un esempio di plasma presente sulla Terra. I valori tipici di una scarica in un fulmine sono una corrente di 30.000 ampere, una tensione di 100 milioni di volt e l'emissione di luce e raggi X.

Le temperature del plasma in un fulmine arrivano a 28.000 °C e le densità di elettroni possono arrivare a $10^{24}/\text{m}^3$.

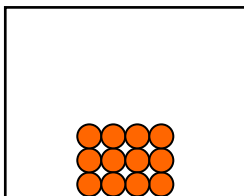
A quelle elevate temperature, le collisioni tra le particelle sono così violente da provocare l'allontanamento degli elettroni dagli atomi, e quindi lo stato di plasma è costituita da un mare agitatissimo di elettroni e ioni positivi in equilibrio tra di loro ed è fortemente influenzato sia da campi magnetici sia da campi elettrici.

Ritornando ai tre stati di aggregazione più comuni, bisogna sottolineare come tutti i materiali, tranne rare eccezioni (per esempio, il diamante brucia, cioè interagisce chimicamente, prima di diventare liquido), possono mutare il loro stato di aggregazione fondamentale, variando la temperatura e/o la pressione. In particolare, aumentando la temperatura o diminuendo la pressione, si ottiene, di regola, un passaggio solido → liquido → gassoso, mentre il percorso inverso lo si ottiene diminuendo la temperatura o aumentando la pressione.

Prima di descrivere le caratteristiche dei tre principali stati di aggregazione della materia bisogna sottolineare che:

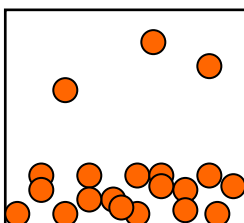
- 1) tutti i materiali sono formati da particelle in continuo, incessante, caotico movimento;
- 2) l'energia cinetica (movimento) delle particelle dipende dalla temperatura e, in particolare, aumenta all'aumentare della temperatura.

- **Stato solido:**



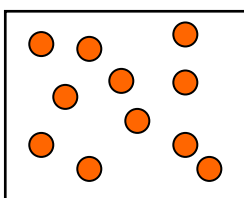
A livello macroscopico, i solidi hanno forma e volume propri. Tra le particelle che li costituiscono ci sono forze di coesione (attrazione) piuttosto intense e quindi le particelle non si possono muovere “liberamente” le une rispetto alle altre, ma solo oscillare intorno a posizioni fisse e determinate. Le particelle sono disposte in una struttura tridimensionale più o meno geometricamente ordinata, detta “reticolo cristallino”, che è una proprietà fisica caratteristica di ogni solido (ad esempio: le pietre preziose).

- **Stato liquido:**



A livello macroscopico, i liquidi hanno volume proprio ma assumono la forma del recipiente che li contiene. Le particelle che li costituiscono hanno un'energia cinetica maggiore di quella che avevano allo stato solido e le forze di coesione sono meno intense, perciò si possono muovere abbastanza disordinatamente, ma solo “scivolando” le une sulle altre. Alla superficie, un certo numero di particelle può sottrarsi del tutto all'attrazione delle altre, passando allo stato gassoso. I liquidi, pertanto, esistono sempre alla presenza del loro gas.

- **Stato gassoso:**



A livello macroscopico, i gas non hanno né forma, né volume proprio, ma occupano tutto lo spazio a loro disposizione. Le forze di coesione sono del tutto trascurabili e quindi le particelle sono indipendenti e si muovono in maniera caotica con moto rettilineo uniforme fino a quando un urto con le pareti del recipiente o un'altra particella non interviene a modificare la loro traiettoria.

Lo studio degli stati di aggregazione permette di capire come le proprietà dei materiali dipendono non solo dalla presenza di particelle “diverse” (esempio: acqua e zucchero), ma anche da come le particelle presenti sono “legate” tra di loro (esempio: acqua e ghiaccio).

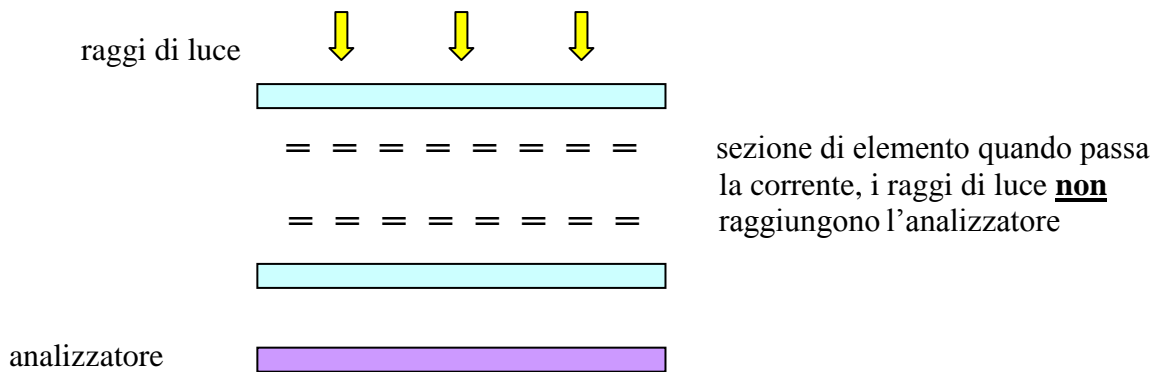
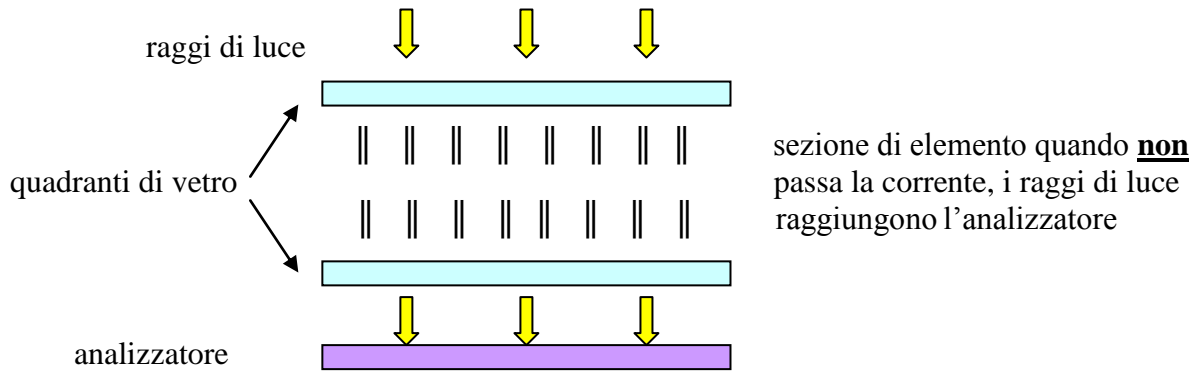
*Nei tre stati di aggregazione, le particelle di un materiale **NON** cambiano, ma presentano forze di coesione differenti.*

N.B. – Negli ultimi anni, per la loro applicazione nei dispositivi di visualizzazione di immagini (display) di cui sono dotati gli schermi dei computers e i quadranti delle calcolatrici elettroniche e degli orologi digitali, stanno acquistando importanza le sostanze che possono formare i cosiddetti **crystalli liquidi**.

Queste sostanze, che presentano proprietà intermedie tra quelle dei solidi e dei liquidi, sono costituite da molecole allungate a forma di bastoncino, disposte parallelamente in strati sovrapposti, che modificano il loro orientamento sia cambiando la temperatura (proprietà

sfruttata nella fabbricazione dei termometri con pellicole termosensibili che assumono colori diversi a seconda della temperatura cutanea), sia in presenza di un campo elettrico.

Il liquido è racchiuso tra due lamine di vetro e, in condizioni di riposo, le molecole sono disposte ortogonalmente alle lamine e fanno passare la luce. Quando il display viene attivato e passa la corrente elettrica, le molecole si dispongono a 90° rispetto alla posizione di equilibrio e la zona occupata appare scura sul fondo chiaro di partenza.

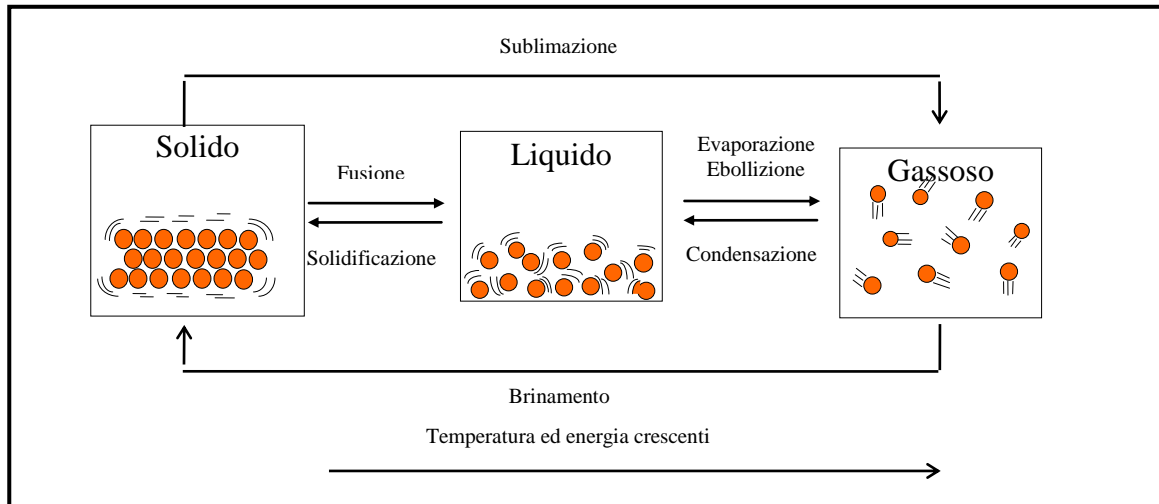


Le molecole dei cristalli liquidi quindi si comportano un po' come le lamelle di una tenda alla veneziana che, a seconda della posizione assunta, lasciano passare o meno la luce. L'immagine di ciascuna cifra di un display è suddivisa in 7 zone, ognuna delle quali è connessa con l'esterno. Gli impulsi elettrici in arrivo fanno cambiare orientamento alle molecole di ciascuna zona e, a seconda delle zone attivate, si ha la visualizzazione di una cifra fra 0 e 9.

2.2 – Passaggi di stato

Tranne rare eccezioni, ogni materiale può esistere nei tre stati fisici di aggregazione. Come abbiamo visto, passando da solido a liquido e a gas, aumentano l'energia (e il grado di disordine) del sistema, mentre accade il contrario nella sequenza inversa. Ogni aumento di temperatura, di conseguenza, favorisce l'esistenza di stati via, via a più alta energia (e disordinati), mentre un raffreddamento favorisce la comparsa di stati più ordinati e a bassa energia.

Nella figura sono elencati i nomi dei passaggi di stato, in funzione dell'energia e temperatura crescenti (→) o decrescenti (←).



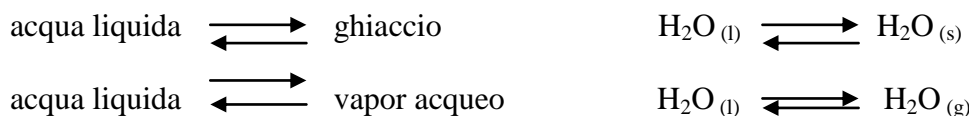
I passaggi di stato sono:

1. **trasformazioni reversibili**: a seconda delle condizioni di temperatura, i passaggi di stato possono avvenire nelle due direzioni e quindi ad ogni trasformazione corrisponde una controtrasformazione, ad esempio, fusione e solidificazione;
2. **trasformazioni fisiche**: i materiali (e quindi le particelle presenti !) restano gli stessi, cambiano alcune loro proprietà, ma non la composizione chimica.

Ad esempio, le proprietà fisiche dell'acqua cambiano quando solidifica e diventa ghiaccio ma, naturalmente, il ghiaccio è ancora fatto da molecole di acqua e il cambiamento può facilmente avvenire in senso inverso (fusione del ghiaccio).

La stessa cosa si verifica quando l'acqua bolle e si trasforma in vapor acqueo e nella relativa controtrasformazione in cui il vapor acqueo condensa, come, ad esempio, accade in inverno sui vetri delle finestre.

Passando dal mondo macroscopico a quello simbolico delle particelle si può scrivere:

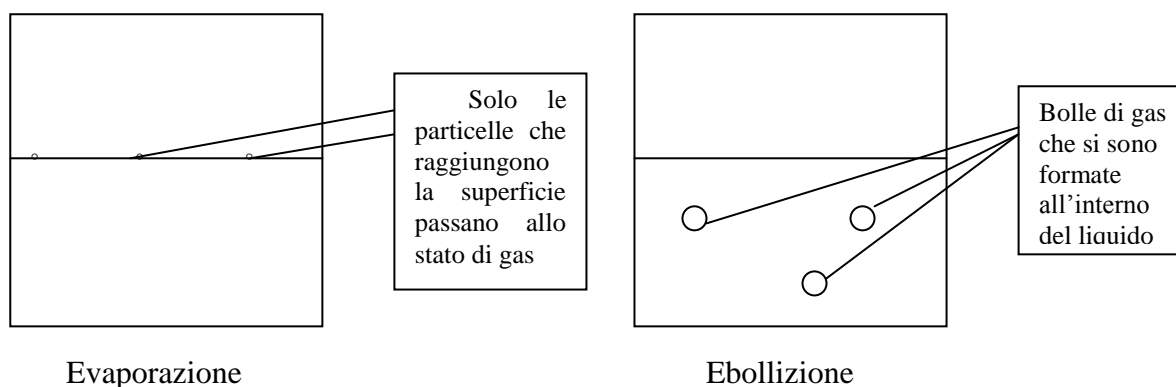


In tutti questi casi cambiano sole le forze di attrazione (coesione) tra le particelle, molto forti nel solido (ghiaccio), più deboli nell'acqua liquida, assenti nel gas (vapor acqueo)

N.B. – Differenza tra evaporazione ed ebollizione

A livello macroscopico, nell'**evaporazione** possono passare allo stato gassoso solo le particelle presenti sulla superficie del liquido, dotate di sufficiente energia cinetica, mentre l'**ebollizione** interessa tutte le particelle, anche quelle presenti all'interno del liquido. Le bolle che si formano nell'ebollizione non sono altro che particelle di liquido già passate allo stato gassoso.

Un'altra importante differenza tra evaporazione ed ebollizione riguarda le relative temperature; quella di ebollizione è fissa e costante (l'acqua distillata bolle a 100 °C, a pressione ambiente), mentre l'evaporazione avviene in un ampio range di temperature (l'acqua di una pozzanghera evapora sia d'inverno, quando la temperatura è molto bassa, sia d'estate)



Le bolle che si vedono all'interno di una pentola di acqua all'ebollizione sono di "acqua diventata vapor acqueo" all'interno del liquido. Le bolle presenti nell'alcool etilico che bolle sono formate da alcool etilico gassoso e così via.

Le "bolle" presenti all'ebollizione sono formate da particelle del liquido già passate allo stato gassoso.

Qualche nota curiosa: passaggi di stato, meteorologia e ...

I passaggi di stato sono tra le trasformazioni fisiche più comuni e nel mondo che ci circonda avvengono in continuazione, anche se non sempre ce ne rendiamo conto. Ecco alcuni esempi che mostrano il collegamento tra chimica, scienze meteorologiche e tecnologia.

Il passaggio di stato da gas a solido (brinamento), ad una prima veloce osservazione, potrebbe sembrare particolare e persino un po' strano, eppure proprio il suo nome ci dovrebbe ricordare un fenomeno che, in inverno, è tutt'altro che raro: la formazione della brina.

La **brina** si forma nelle notti invernali, soprattutto con cielo sereno e calma di vento (condizioni che favoriscono la dispersione del calore) per trasformazione diretta (e quindi senza formazione intermedia di liquido) del vapor acqueo, contenuto nell'aria, in aghetti di ghiaccio:



Durante l'estate avviene un fenomeno analogo, ma data la temperatura, il vapore "condensa" sotto forma di acqua liquida e si ha la **rugiada**.



Sempre durante l'inverno si può formare la **galaverna**, cioè un deposito di ghiaccio in forma di aghi o scaglie che può prodursi, in presenza di nebbia, quando la temperatura dell'aria è inferiore a 0 °C. Poiché la **nebbia** è una sospensione di minutissime goccioline d'acqua liquida negli stati atmosferici in prossimità del suolo, anche la formazione della galaverna è un passaggio di stato, in particolare una "solidificazione":



E **neve** e **grandine** ? Anche la loro formazione comporta un passaggio di stato: in entrambi i casi, una "solidificazione" delle minutissime goccioline di acqua liquida che sono il principale componente delle nuvole. I minuscoli cristalli di ghiaccio della **neve** si formano quando una massa d'aria calda e umida scorre su uno strato d'aria fredda, stazionante in prossimità del suolo. I chicchi di **grandine** sono composti da vari strati sovrapposti di ghiaccio che si formano a causa dei moti ascendenti e discendenti cui sono sottoposti gli stessi chicchi all'interno di una nube agitata dai moti turbolenti che si verificano durante un temporale. I sistemi antigrandine prevedono la disseminazione sulle nubi di opportuni cristalli in maniera da creare dei nuclei attorno ai quali si aggregano le goccioline d'acqua che così cadono come pioggia prima che si formi la grandine.

Ma come si formano le **nuvole** ? Attraverso ben due passaggi di stato, anzi, in questo caso si verifica una trasformazione, l'evaporazione dell'acqua degli oceani e dei mari, seguita dalla corrispondente controtrasformazione, la condensazione del vapore acqueo nelle goccioline di acqua liquida di cui, come già detto, sono formate la maggior parte delle nubi (alcune presentano anche minuscoli cristalli di ghiaccio la cui formazione è avvenuta grazie ad un altro passaggio di stato !!).

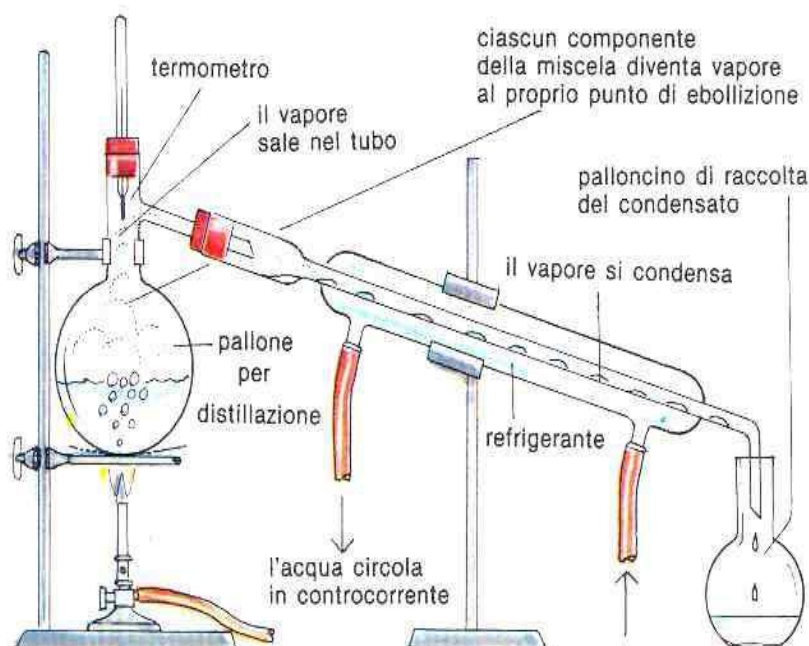
Alcuni processi industriali, come la **liofilizzazione**, sfruttano i passaggi di stato. Questa tecnica, che permette la conservazione degli alimenti anche per un lungo periodo di anni, prevede una rapida solidificazione, a temperature variabili tra - 30° e i - 50 °C, in fiale (medicinali) o in diversi tipi di contenitori (caffè, alimenti, cibi omogeneizzati per l'infanzia), seguita da una sublimazione a bassa temperatura (- 20 °C) e sottovuoto. In queste condizioni l'acqua, sotto forma di ghiaccio, contenuta nel prodotto è estratta come vapore che viene allontanato per brinamento su serpentine fredde dette impropriamente "condensatori" (il termine si riferisce alla trasformazione gas/liquido mentre in realtà è da vapore a solido).

I prodotti ottenuti con questa tecnica presentano diversi vantaggi: ottime qualità organolettiche, lunga conservazione a temperatura ambiente, facilità di trasporto, minime modifiche strutturali e rapida preparazione. L'unico svantaggio è il costo piuttosto elevato.

Parte sperimentale

Esperimento 1 – I passaggi di stato nella distillazione

Dopo aver osservato l'apparecchiatura per la distillazione, iniziare il riscaldamento.



Quali e quante interazioni si verificano? In quali punti dell'apparecchiatura? Come varia nel tempo la temperatura nei due termometri? Che cosa succede alle particelle durante le varie trasformazioni? Si modificano? Come?

Come si collega il mondo macroscopico con quello delle particelle e dei simboli?

Immagine da: Smoot, Price, Cacciatore, Smith, – Corso di chimica moderna – Zanichelli

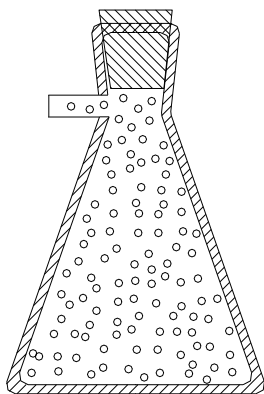
Esperimento 2 – Misurazione della temperatura alla quale il ghiaccio fonde

Mettere alcuni pezzi di ghiaccio in un becher. Agitando con attenzione, misurare la temperatura del sistema. Quali e quante interazioni si verificano? Che cosa succede alla temperatura? Come si collega il mondo macroscopico delle osservazioni con quello delle particelle e dei simboli?

N.B. – Nel linguaggio comune (e, purtroppo, anche in qualche trasmissione scientifica) si parla di “**scioglimento**” dei ghiacciai. In realtà questo è un errore piuttosto grave: il ghiaccio **fonde** e NON si scioglie! Il concetto di **fusione** (passaggio di un materiale dallo stato da solido a quello liquido) è completamente diverso da quello di scioglimento (o più correttamente di solubilizzazione) in cui un materiale si scioglie in un altro (generalmente un liquido).

Esperimento 3 – Perché d'inverno si butta il sale sulle strade?

In un becher contenete un sistema acqua – ghiaccio aggiungere una certa quantità di sale (NaCl, cloruro di sodio), formando una miscela. Che cosa succede alla temperatura? Quali altre osservazioni possiamo fare?



Esperimento 4 – Sublimazione e brinamento dello IODIO

Prendere una beuta (chiusa con un tappo a vite) contenente alcuni cristalli di iodio (I_2) e riscaldare. Si osserva la sublimazione con lo sviluppo di vapori violetti e poi, raffreddando il sistema, il brinamento.

L'esperimento consente di “vedere” la diffusione di un gas in tutto il volume del recipiente dovuto al moto incessante e caotico delle particelle, tenendo conto che questo criterio generale permette di descrivere il moto di tutti i tipi di particelle (atomi, molecole e ioni) in qualsiasi genere di fluido.

2.3 – Caratteristiche dei passaggi di stato

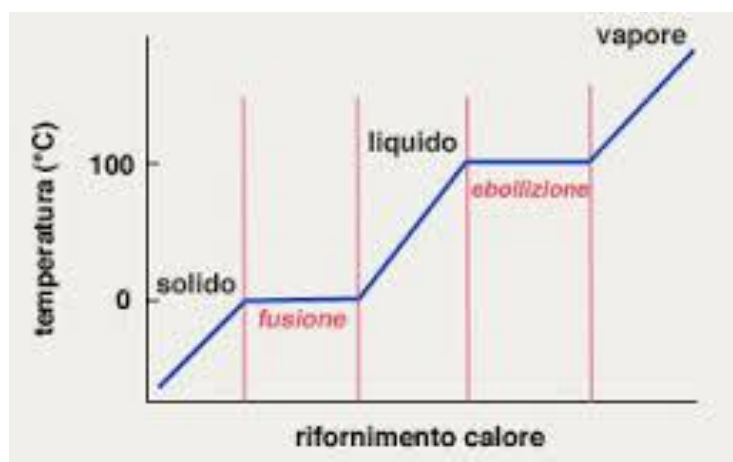
È possibile ricavare le principali caratteristiche dei passaggi di stato riflettendo sugli esperimenti che abbiamo eseguito. In particolare abbiamo osservato che:

- 1) durante l'ebollizione e la condensazione dell'acqua distillata (esperimento 1), i due termometri (quello immerso nel liquido e quello a contatto con i vapori) indicavano la stessa temperatura (100 °C) che restava costante nonostante si continuasse a riscaldare;
- 2) la temperatura del sistema che conteneva ghiaccio e acqua restava costante a 0 °C (esperimento 2), per abbassarsi fino a -16 °C, quando si aggiungeva del sale (esperimento 3).

Riscaldando un materiale, come abbiamo visto, avvengono le trasformazioni

solido → **liquido** → **gassoso**

e sperimentalmente è possibile ottenere una **curva di riscaldamento** diagrammando la temperatura (sull'asse delle ordinate) in funzione del tempo (sull'asse delle ascisse). Ecco, per esempio, la curva di riscaldamento per l'acqua:



Curva di riscaldamento dell'acqua

- Dalla curva di riscaldamento si può notare come l'evidenza sperimentale che sta avvenendo un passaggio di stato sia la **sosta termica** cioè un periodo di tempo in cui la temperatura resta costante, nonostante si continui a riscaldare o raffreddare il sistema. Le soste termiche, però, non si verificano in tutti i materiali, ma solo nelle sostanze pure. Le miscele, al contrario, fondono in un certo range di temperatura e NON ad una temperatura definita (esperimento 3).

Facendo un collegamento con il mondo particellare si può dire: “Una sostanza bolle (o fonde o solidifica) ad una temperatura fissa perché le particelle presenti sono tutte uguali e legate da forze di coesione uniformi”. Al contrario, le miscele non hanno soste termiche perché sono formate da diversi tipi di particelle che, riscaldando o raffreddando, si comportano in maniera differente. Per esempio, l'olio di oliva fonde ad una temperatura compresa tra 7 e 0 °C, in quanto è costituito da diversi tipi di particelle (di acidi grassi, di vitamine, ecc).

I passaggi di stato avvengono in tutti i materiali ma solo quelli delle sostanze (i materiali formati da particelle tutte uguali tra di loro) sono caratterizzati dalle soste termiche.

- Le soste termiche permettono di individuare le temperature a cui avvengono i corrispondenti passaggi di stato di una sostanza pura, per cui possiamo individuare la:
 - temperatura di fusione** o punto di fusione (p.f.): è la temperatura alla quale una sostanza comincia a fondere. Tale temperatura **resta costante per tutta la durata della fusione**. Una sostanza pura fonde a una temperatura fissa e costante (vedi esperimento 2).
 - temperatura di ebollizione** o punto di ebollizione (p.e.): è la temperatura alla quale un liquido bolle (ad una certa pressione), **resta costante fino a quando il liquido non è diventato gas**.
- Le soste termiche possono essere utilizzati per identificare se un materiale è una sostanza (si verifica una sosta termica durante il passaggio di stato) oppure una miscela (il passaggio di stato avviene senza sosta termica). Nel caso delle sostanze, le temperature di fusione, di ebollizione, ecc, sono proprietà (vedi “Competenze di base – Parte prima”) che possono essere utilizzate per il loro riconoscimento. Nella tabella sono indicate le temperature di fusione ed ebollizione di alcune sostanze:

| Sostanza pura | Temperatura di fusione (°C) | Temperatura ebollizione (°C) a 1 atm |
|----------------|-----------------------------|--------------------------------------|
| Alcool etilico | - 115 | 78,3 |
| Acqua | 0 | 100 |
| Mercurio | - 38,4 | 357 |
| Rame | 1083 | 2595 |
| Piombo | 327,4 | 1725 |
| Ossigeno | - 219 | - 183 |

- I passaggi di stato opposti di una sostanza avvengono alla stessa temperatura (il ghiaccio fonde a 0 °C e l’acqua solidifica a 0 °C) perché sono uno la controtrasformazione dell’altro.

2.4 – Passaggi di stato e pressione

Dalla tabella precedente si vede come i valori relativi alle temperature di ebollizione siano stati ottenuti alla pressione di un’atmosfera che corrisponde a quella ambiente. Le sostanze, come già accennato, possono, infatti, mutare il loro stato di aggregazione fondamentale non solo variando la temperatura, ma anche modificando la pressione che agisce in maniera inversa alla temperatura. È possibile, per esempio, trasformare alcuni gas in liquidi per semplice compressione (aumento della pressione) e questa proprietà è sfruttata negli accendini (butano) o nel GPL.

Un aumento della pressione favorisce i passaggi gas → liquido → solido, mentre una sua diminuzione fa avvenire i passaggi di stato inversi.

Tra i passaggi di stato, l'**ebollizione** è quello più influenzato da questo fattore; per esempio, a livello del mare (pressione 1 atmosfera = 760 mm Hg), l'acqua bolle a 100 °C, se si sale a 1200 metri di altezza l'ebollizione avviene a 95 °C, a pressioni pari a metà della pressione atmosferica normale (condizione che si verifica a circa 5500 metri di quota) l'acqua bolle a 86 °C, mentre agli 8848 metri del monte Everest, basterebbero solo 71 °C.

Quando si cuociono i cibi in alta montagna, l'acqua raggiunge prima l'ebollizione ma, avendo una temperatura più bassa, la cottura richiede un tempo più lungo. In queste condizioni, per esempio, la cottura della pasta avviene con difficoltà proprio perché non si raggiunge la temperatura necessaria alla degradazione degli amidi presenti.

Al contrario, nella pentola a pressione gli alimenti cuociono più rapidamente, perché il vapore trattenuto al suo interno crea un aumento di pressione (fino al doppio rispetto a quella atmosferica), che consente all'acqua di bollire a una temperatura più alta, intorno ai 110 – 120 °C.



La **fusione** e la relativa temperatura sono invece molto meno influenzate dalla pressione, perciò un suo aumento provoca solo un modesto abbassamento della temperatura di fusione.

Un'interessante applicazione di questo fenomeno riguarda lo sport del **pattinaggio su ghiaccio**. I pattinatori scivolano sul ghiaccio perché la forte pressione, esercitata dalla lama del pattino, abbassa il punto di fusione e quindi provoca la fusione superficiale del ghiaccio con formazione di una sottile pellicola di liquido su cui il pattino scivola. Appena la pressione torna al livello normale, il velo di acqua solidifica nuovamente.



Analogamente, se si appoggia su un blocco di ghiaccio un sottile filo con due pesi agli estremi, la pressione esercitata da questo fa fondere il ghiaccio e il filo attraversa il blocco, ma non lo spezza. L'acqua, infatti, solidifica nuovamente e, alla fine il filo con i pesi cade, ma il blocco di ghiaccio appare intatto.

Un aumento della pressione fa aumentare la temperatura di ebollizione e diminuire quella di fusione.

Parte sperimentale

Esperimento 1 – Come si può gonfiare il palloncino al contrario ?

Dopo la visione del filmato. Quali passaggi di stato si sono verificati nel sistema ? Perché ?

Esperimento 2 – Studio del sistema acqua/olio/ghiaccio

Vi viene consegnato un contenitore in cui sono presenti acqua distillata e olio. Dopo qualche minuto al sistema precedente verrà aggiunta una cubetto di ghiaccio. Osservate i fenomeni che accadono e completate il questionario.

- 1) Descrivete le caratteristiche (stato di aggregazione, aspetto, colore, ecc.) del sistema acqua/olio
- 2) I due materiali interagiscono tra di loro ? SI/NO perché.....
- 3) Il sistema acqua/olio è APERTO/CHIUSO/ISOLATO perché
- 4) Il sistema acqua/olio è una miscela eterogenea/ miscela omogenea perché.....
- 5) Descrivete che cosa succede quando si introduce il cubetto di ghiaccio nel sistema acqua / olio:
- 6) Il sistema acqua, olio, ghiaccio è una miscela eterogenea / una soluzione, perché
- 7) Il cubetto di ghiaccio:
 - a) interagisce sia con l'acqua che con l'olio, perché.....
 - b) interagisce solo con l'acqua, perché
 - c) interagisce solo con l'olio, perché
 - d) non interagisce né con l'olio, né con l'acqua, perché
- 8) Avvengono delle trasformazioni fisiche ? SI / NO
- 9) Se la risposta alla domanda precedente è SI, indicate quali trasformazioni fisiche sono avvenute.
 Giustificate la risposta
- 10) Avvengono delle trasformazioni chimiche ? SI / NO
- 11) Se la risposta alla domanda precedente è SI, indicate quali evidenze sperimentali sono avvenute

Esperimento 3 – Sistema precedente più permanganato di potassio

Dopo qualche minuto al sistema precedente verrà aggiunta una piccola quantità di un solido viola, il permanganato di potassio. Osservate i fenomeni che accadono e completate il questionario.

- 1) Descrivete le caratteristiche del permanganato di potassio
- 2) Descrivete che cosa succede quando si introduce il permanganato di potassio nel sistema acqua / olio / ghiaccio:
- 3) Il permanganato di potassio:
 - a) interagisce con tutti i materiali presenti, perché
 - b) interagisce sia con l'acqua che con l'olio, perché.....
 - c) interagisce solo con l'acqua, perché
 - d) interagisce solo con l'olio, perché
 - e) interagisce solo con il ghiaccio, perché
 - f) non interagisce con nessuno dei materiali presenti, perché
- 4) Il sistema acqua, olio, permanganato, ghiaccio è una miscela eterogenea / una soluzione perché
- 5) Il sottosistema acqua e permanganato prima di agitare è una miscela eterogenea / miscela omogenea perché
- 6) Il sottosistema acqua e permanganato dopo aver agitato è una miscela eterogenea / soluzione perché
- 7) Avvengono delle trasformazioni fisiche ? SI / NO
- 8) Se la risposta alla domanda precedente è SI, indicate quali trasformazioni fisiche sono avvenute.
 Giustificate la risposta
- 9) Avvengono delle trasformazioni chimiche ? SI / NO
- 10) Se la risposta alla domanda precedente è SI, indicate quali evidenze sperimentali sono avvenute