

4) GLI STATI DI AGGREGAZIONE

Già dalla scuola elementare e poi dalla scuola media sapete questa cosa:

la materia si presenta sotto forma solida, liquida o aeriforme.



Il solido ha volume e forma propria,



il liquido ha volume proprio e prende la forma del recipiente che lo contiene,

l'aeriforme



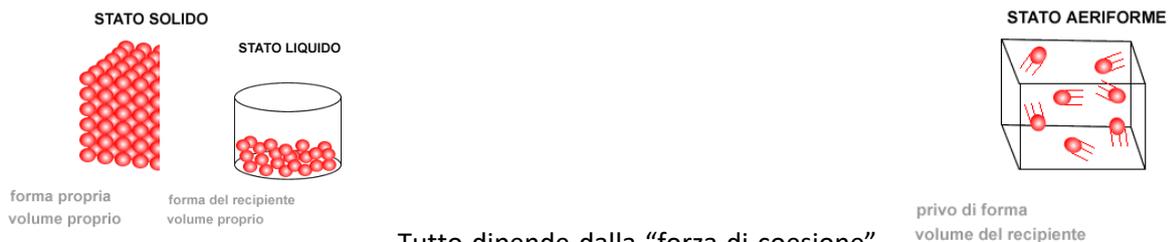
OSSIGENO

14 litri

occupa sempre tutto il volume del recipiente che lo contiene.

Non è molto difficile da capire perché volume e forma sono caratteristiche macroscopiche con cui abbiamo a che fare tutti i giorni.

Vediamo ora che succede a livello microscopico (a livello delle singole molecole).



Tutto dipende dalla “forza di coesione”

che

si esercita tra le molecole: se è sufficientemente elevata da superare la forza di gravità, abbiamo lo stato solido. Se invece è la gravità a superare le forze di coesione, abbiamo lo stato liquido. Se infine le forze di coesione sono molto deboli, allora le molecole semplicemente “si ignorano” ed ognuna di esse può andare dove le pare. Non è che una molecola è libera di andare dove vuole ma è continuamente sbalottata dagli urti

con le altre molecole e con le pareti del recipiente perciò si muove cambiando direzione ad ogni interazione. Torneremo su questo punto quando affronteremo la “teoria cinetica dei gas”.

Le forze di coesione tra le molecole diminuiscono molto rapidamente all’aumentare della distanza intermolecolare.

5) PASSAGGI DI STATO

Facciamo il punto della situazione.

Lo stato di aggregazione di una sostanza dipende dall’intensità delle forze intermolecolari:

- Forze intermolecolari intense: **stato solido**
- Forze intermolecolari deboli **stato liquido**
- Forze intermolecolari trascurabili **stato gassoso**

Un oggetto solido, ad esempio una moneta, ci appare ferma e dai contorni perfettamente definiti. Se invece fosse possibile ingrandirla un miliardo di volte, non ci apparirebbe più fissa e ben delineata ma vedremmo le sue molecole in continua vibrazione intorno alla loro posizione di equilibrio. L’idea degli atomi come particelle elementari in movimento è già presente negli atomisti classici greci e latini. In un passo del “De Rerum Natura” Lucrezio considera, poeticamente, che un gregge, visto da lontano, appare come un’unica macchia biancastra mentre da vicino manifesta i continui movimenti delle pecore che brucano e degli agnelli che giocano.



305 *Nec rerum summam commutare ulla potest vis;
nam neque, quo possit genus ullum materiai
effugere ex omni, quicquam est <extra>, neque in omne
unde coorta queat nova vis irrupere et omnem
naturam rerum mutare et vertere motus.
Illud in his rebus non est mirabile, quare,
omnia cum rerum primordia sint in motu,
310 summa tamen summa videatur stare quiete,
praeterquam siquid proprio dat corpore motus.
Omnis enim longe nostris ab sensibus infra
primorum natura iacet; quapropter, ubi ipsa
cernere iam nequeas, motus quoque surpere debent;
315 praesertim cum, quae possimus cernere, celent
saepe tamen motus spatio diducta locorum.
Nam saepe in colli tondentes pabula laeta
lanigerae reptant pecudes quo quam<que> vocantes
invitant herbae gemmant rorē recenti,
320 et satiati agni ludunt blandēque coruscant;
omnia quae nobis longe confusa videntur
et velut in viridi candor consistere colli.*

E nessuna forza può cambiare la somma delle cose (le cose); non c’è niente infatti all’esterno, in cui qualche genere di materia possa sfuggire dall’universo, né (qualcosa) da cui una nuova forza, nascendo, possa entrare nell’universo e trasformare tutta la natura delle cose e sconvolgerne i movimenti.

Di queste cose non deve meravigliarci niente, perché, mentre tutti i principi delle cose (*primordia* = atomi) sono in continuo movimento, la totalità invece sembra starsene in somma quiete, eccetto che qualcosa cominci a muoversi con il proprio corpo.

Infatti tutta la natura dei primi corpi è molto al di sotto della percezione dei nostri sensi; perciò, poiché questi non si possono osservare, devono nasconderci anche i loro movimenti; specialmente perché, persino le cose che possiamo osservare, che sono separate da noi per distanza di luoghi, nascondono spesso i loro movimenti.

Infatti spesso sulle colline, brucando i lieti pascoli, le pecore lanute si muovono lentamente, ciascuna dove la invita il richiamo delle erbe ornate di fresca rugiada, e gli agnelli sazi giocano e cozzano dolcemente tra di loro; ma a noi da lontano tutto questo appare confuso quasi come una luce che sta ferma sulla verde collina.

(Lucrezio De Rerum Natura libro II versi 303 e ss. – trad. prof. Luciano Di Libero)

Abbiamo anche visto che il calore è energia delle molecole: il calore fornito ad un sistema fa aumentare l'energia di ogni singola molecola e il calore sottratto la fa diminuire.

Ma come può una molecola avere energia?

Per una molecola di gas il discorso è molto semplice: energia cinetica

$$E = \frac{1}{2}mv^2$$

Quindi il calore fornito ad un gas fa aumentare la velocità delle sue molecole.

Nei solidi invece le molecole non si muovono di moto rettilineo ma sono vincolate dalle forze di coesione e l'energia le fa vibrare intorno alla posizione di equilibrio.

Le forze di coesione agiscono solo a breve raggio perciò vibrazioni sufficientemente ampie fanno arrivare le molecole a distanza tale da non essere più attratte e quindi il solido perde la sua compattezza e passa allo stato liquido. Continuando ancora a riscaldare le molecole si muovono ancora più velocemente e perdono anche quel residuo di coesione rimasto passando allo stato aeriforme.

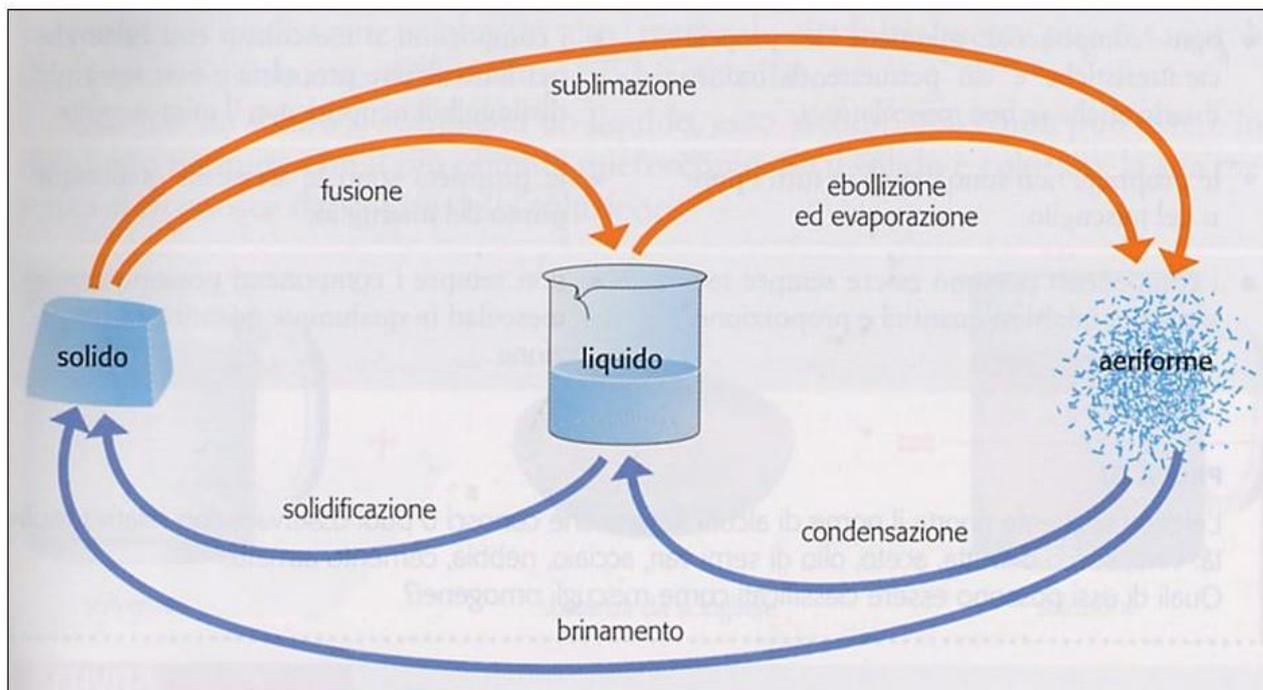
In definitiva, a livello microscopico, gli stati di aggregazione della materia si spiegano con l'agitazione termica delle molecole:

stato solido:	le molecole, per effetto del calore, vibrano intorno alle loro posizioni di equilibrio e sono tenute insieme dalle forze di coesione. Se l'ampiezza delle vibrazioni supera un certo limite arrivano talmente lontane le une dalle altre che le forze non riescono più a tenerle unite.
stato liquido:	le molecole, per effetto dell'agitazione termica, si trovano a distanza tale che le deboli forze di coesione non sono in grado di tenerle compatte. Se l'agitazione termica aumenta, si svincolano anche dalle residue forze e passano allo stato gassoso.
Stato aeriforme:	le molecole sono completamente lontane da essere completamente svincolate dalle forze di coesione e l'agitazione termica è dovuta solo alla loro velocità: si muovono di moto rettilineo uniforme fino a che urtano un'altra molecola o sbattono sulle pareti del recipiente.

Quindi è l'energia delle singole molecole che determina lo stato di aggregazione. Nello specifico, per consentire il passaggio da uno stato denso ad uno meno denso (solido-liquido oppure liquido-gas) è necessario fornire energia, al contrario, per i passaggi gas-liquido e liquido-solido è necessario sottrarre energia al sistema.

Nella figura è indicato il nome di ogni passaggio di stato. Come si vede è possibile passare direttamente dal solido al gas e viceversa. Se ci pensate un attimo (e se avete compreso i legami di coesione) questo si spiega considerando che le vibrazioni delle molecole in un solido possono essere tanto ampie da annullare anche la

residua interazione intermolecolare e la molecola “evapora” senza passare per lo stato liquido. Analogamente per il passaggio contrario gas-solido.



Il fatto che i passaggi di stato avvengono con scambio di energia spiega molti fenomeni che sperimentiamo quotidianamente:

- **Perché mettete i cubetti di ghiaccio nella bibita?** Ovviamente per rinfrescarla: il ghiaccio fonde assorbendo energia (e quindi calore) dalla bibita, che perciò si raffredda.
- **Il meccanismo della sudorazione:** è la naturale regolazione automatica della temperatura del nostro corpo. Infatti il liquido del sudore, per evaporare, assorbe calore dalla nostra pelle rinfrescandola (che poi il fresco è accompagnato anche da esalazioni non sempre piacevoli è un altro discorso)
- **Mentre nevicava non fa molto freddo:** la neve significa passaggio di stato dall'acqua presente nell'atmosfera in ghiaccio. Questo può avvenire solo sottraendo calore all'acqua ed il calore viene disperso nell'atmosfera.
- **Mentre la neve si scioglie fa molto freddo:** per lo stesso motivo dei cubetti di ghiaccio.

Durante l'intero passaggio di stato la temperatura della sostanza resta invariata (ricordate che la scala termometrica Celsius è basata proprio su 0°C per il ghiaccio fondente e 100 °C per l'acqua bollente).

La quantità di calore necessaria perché avvenga un passaggio di stato era detta **calore latente** perché era uno scambio termico che non comporta variazione di temperatura. Oggi si tende a togliere l'aggettivo latente e parlare di calore di fusione e calore di evaporazione.

Sostanza	Punto di fusione (°C)	Calore di fusione		Punto di ebollizione (°C)	Calore di evaporazione	
		kcal/kg [†]	J/kg		kcal/kg [†]	J/kg
Ossigeno	-218.8	3.3	0.14×10^5	-183	51	2.1×10^5
Azoto	-210.0	6.1	0.26×10^5	-195.8	48	2.00×10^5
Alcol etilico	-114	25	1.04×10^5	78	204	8.5×10^5
Ammoniaca	-77.8	8.0	0.33×10^5	-33.4	33	1.37×10^5
Acqua	0	79.7	3.33×10^5	100	539	22.6×10^5
Piombo	327	5.9	0.25×10^5	1750	208	8.7×10^5
Argento	961	21	0.88×10^5	2193	558	23×10^5
Ferro	1808	69.1	2.89×10^5	3023	1520	63.4×10^5
Tungsteno	3410	44	1.84×10^5	5900	1150	48×10^5

L'acqua è uno degli elementi con il calore di fusione e il calore di evaporazione più alti. Questo significa che i passaggi di stato dell'acqua coinvolgono quantità di calore più alte di altre sostanze.