

Capitolo 1° (Cenni di chimica/fisica di base)

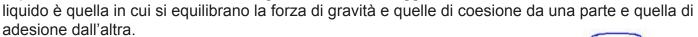


Legge di Yurin

INTRODUZIONE ALLA CAPILLARITA':

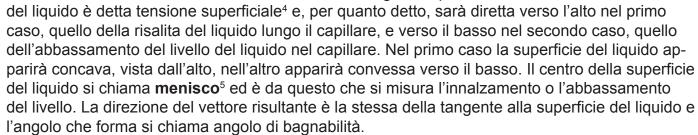
Il fenomeno della capillarità s'incontra spesso nella vita quotidiana ed è legato alla bagnabilità, cioè alla capacità dei liquidi, per esempio l'acqua, di bagnare le superfici solide. Questo fenomeno si puo osservarequando uno straccio o una spugna assorbono un liquido o quando l'umidità risale lungo i muri. Lo stesso fenomeno permette alle piante, almeno quelle fino a 30 cm di altezza, di assorbire l'acqua dal terreno.

Questa forza di adesione¹ tra liquido e parete solida, prevalente su quelle di coesione² tra le molecole del liquido, è responsabile, nei tubi sottili come capelli (detti capillari), della risalita del liquido lungo la parete, in contrasto con la forza di gravità. L'altezza raggiunta dal

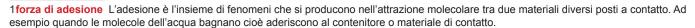


Se invece è la forza di coesione a prevalere su quella di adesione allora la parete respinge il liquido che sarà pertanto spinto verso il basso, in contrasto con la legge dei vasi comunicanti³. Questo fenomeno si osserva in quelle particolari superfici solide che non si bagnano, dette pertanto, nel caso dell'acqua, idrorepellenti. E' il caso di certi tessuti impermeabili.

La risultante delle forze di adesione e di coesione lungo la superficie



Si noti che l'innalzamento o l'abbassamento del livello non dipendono solo dal liquido, ma anche dal materiale della parete. Per esempio l'acqua risale in un capillare di vetro mentre si abbassa in uno di teflon.



²forza di coesione In fisica, la coesione è la forza di attrazione che si crea tra le particelle elementari di una sostanza, tenendole unite e opponendosi alle eventuali forze esterne, che tendono a separarle.

⁵ll menisco è una conca superficiale di un liquido presente in qualsiasi contenitore (per esempio in una pipetta, in un cilindro o in un becker).



³Vasi comunicanti Il principio dei vasi comunicanti è quel principio fisico secondo il quale un liquido contenuto in due contenitori comunicanti tra loro raggiunge lo stesso livello. L'acqua come tutti i liquidi, non ha una forma propria ma assume la forma del recipiente che la contiene.

⁴Tensione superficiale La tensione superficiale (generalmente indicata con γ) è una particolare proprietà dei fluidi che opera lungo la superficie di separazione, trattenendo gli stessi come in una pellicola elastica.



Capitolo 1° Cenni di chimica/fisica di base)



Legge di Yurin

TENSIONE SUPERFICIALE:

Una molecola di un liquido attira le molecole che la circondano ed a sua volta è attratta da esse. Per le molecole che si trovano all'interno del liquido, la risultante di queste forze è nulla ed ognuna di esse si trova in equilibrio rispetto alle altre. Quando invece queste molecole si trovano in superficie, esse vengono attratte dalle molecole sottostanti e da quelle laterali, ma non verso l'esterno. La risultante delle forze che agiscono sulle molecole di superficie è una forza diretta verso l'interno del liquido. A sua volta, la forza di coesione fra

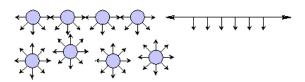


Figura 2 - Schema delle forze di attrazione fra le molecole di un liquido. Le molecole interne sono in equilibrio fra loro. Le forze che agiscono sulle molecole di superficie non sono invece equilibrate verso l'alto e da ciò risulta una compressione verso l'interno. Inoltre, la coesione fra le molecole determina una tensione tangenziale alla superficie. La superficie di un liquido si comporta quindi come una membrana elastica.

le molecole fornisce una forza tangenziale alla superficie. La superficie di un liquido si comporta dunque come una membrana elastica che avvolge e comprime il liquido sottostante. La tensione superficiale esprime la forza con cui le molecole superficiali si attirano l'un l'altra.

MISURARE LA TENSIONE SUPERFICIALE (misura empirica):

Per misurare la tensione superficiale di un liquido si può utilizzare una bilancia analitica¹. Come mostrato dalla figura, sotto ad uno dei due piatti (A), appendete un filo di ferro sagomato ad "U". Abbassando il braccio A e poi risollevandolo, fate formare una lamina ed equilibratela con dei pesi sul lato B. A questo punto, rompete la lamina. La bilancia scenderà dalla parte B, quindi ristabilite l'equilibrio ponendo pesi sul lato A. Il valore di questi ultimi pesi (F) corrisponde alla la forza con cui la membrana tende a richiudersi nel liquido. La tensione superficiale (γ) è data dalla forza (F) divisa per la larghezza (L) della membrana, diviso ancora per due perché bisogna tenere conto del fatto che la membrana possiede due superfici.

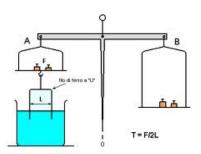
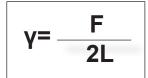


Figura 5 - Dispositivo sperimentale per misurare la tensione superficiale di un liquido



Oltre a questo esistono innumerevoli modi per misurare la tensione superficiale γ , tutti altrettanto validi, la tensione superficiale si misura in γ (Newton per metro)

¹Bilancia analitica Misura di una massa incognita col metodo della doppia pesata o il metodo della tara.





Capitolo 1° Cenni di chimica/fisica di base)



Legge di Yuring

ANGOLO DI BAGNABILITA (misura empirica):

E' esperienza comune che una goccia di liquido posta su una superficie piatta mostra una tendenza a modificare la sua forma a seconda delle caratteristiche della superficie e del liquido usati. Più la goccia è simile alla superficie solida, più la goccia sarà piatta. Invece, se tra la superficie solida e il liquido non ci sono interazioni apprezzabili, la goccia avrà una forma simile ad una sfera¹, per minimizzare il contatto con essa.

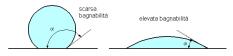
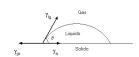


Figura 10 - L'angolo di contatto di un liquido con un solido viene utilizzato come indice di bagnabilità. Per $\alpha \le 90^\circ$ il liquido bagna la parete (es: acqua su vetro), per $\alpha \ge 90^\circ$ il liquido non bagna la parete (es: mercurio su vetro). Se $\alpha = 0^\circ$ si di ce che il liquido bagna perfettamente la parete.

Per quantificare tale fenomeno, si introduce il concetto di angolo di contatto, definito come angolo

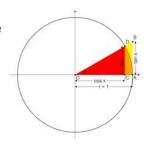
C, che la superficie orizzontale forma con la tangente nel punto di contatto dell'interfaccia liquido-aria, liquido-solido, solido-aria.

L'angolo di contatto fornisce diverse informazioni sull'affinità tra il solido, il liquido e l'aria. La relazione tra l'angolo di contatto e la tensione superficiale è:



Dove Vsa = tensione all'interfaccia solido-aria; Vsl = tensione all'interfaccia solido-liquido Vla = tensione all'interfaccia liquido-aria.

Il valore del coseno² COSQ è un numero compreso tra -1 ed 1 relativamente all'angolo che lo produce, questo valore è utilizzato dalla formula di Yurin³ per determinare l'altezza della colonna d'acqua in un capillare.



³James Yurin (nato il 15 Dicembre 1684 – 29 Marzo 1750) fu uno scienziato ed un fisico ricordato per i suoi lavori inerenti la capillarità, epidemiologo lavorò sul vaccino del vaiolo.



¹Sfera è il solido geometrico costituito da tutti i punti che sono ad una distanza minore o eguale a una distanza fissata r, detta raggio della sfera, da un punto O detto centro della sfera.

²Coseno Dato un triangolo rettangolo, il coseno (o abbreviato cos) di uno dei due angoli interni adiacenti all'ipotenusa è definito come il rapporto tra le lunghezze del cateto adiacente all'angolo e dell'ipotenusa. Più in generale, il coseno di un angolo α, espresso in gradi o radianti, è una quantità che dipende solo da a, costruita usando la circonferenza unitaria



Capitolo 1° (Cenni di chimica/fisica di base)



Legge di Yurin

Ora calcoliamo l'altezza h che raggiunge il liquido all'interno di un capillare.

- Se la superficie del liquido è concava verso l'alto la forza della tensione superficiale Y in corrispondenza delle pareti del tubo sarà diretta verso l'alto; la componente verticale di questa forza, applicata a tutto il bordo del liquido aderente al capillare, è quella che sorregge il liquido ed ha modulo (F cosα), dove l'angolo è quello precedentemente trovato, detto angolo di contatto.
- 2. Se la superfice del liquido è convessa verso l'alto la forza della tensione superficiale Y in corrispondenza delle pareti del tubo sarà diretta verso il basso.

Considerando che il bordo di contatto corrisponde alla circonferenza del capillare ($2\pi r$), si possono calcolare alcuni elementi "trascurando la lieve curvatura sulla superficie":

la forza F verticale $F = Y(2\pi r)(\cos \alpha)$

Dove: Y = tensione superficiale;

 $(2\pi r)$ = circonferenza;

(COSα) = rapporto dipendente dall'angolo di bagnabilità.

il volume, V, del liquido nel capillare $V = (\pi r^2)h$

Dove (πr^2) = superfice della sezione capillare;

h = altezza della colonna di fluido nel capillare.

il peso, P, del liquido nel capillare: $P = (\pi r^2)h$ fg

Dove: $(\pi r^2)h$ = volume del fluido; f = densità del liquido;

g = accelerazione di gravità

Eguagliando la forza, F, diretta verso l'alto, al peso, P, della colonna di liquido, si ha:

$$\Upsilon(2\pi r)(\cos\alpha) = (\pi r^2)hfg$$

da cui (semplificando) si ricava l'altezza h raggiunta dal liquido : **LEGGE DI YURIN**

$$h = \frac{Y^{2\cos\alpha}}{rfg}$$