

MISCELE LIQUIDE

Obiettivi di Apprendimento

Al termine della lezione gli studenti saranno in grado di:

- **Distinguere** tra tipi di miscele liquide: soluzioni, sospensioni, colloidì, emulsioni.
- **Comprendere** le principali proprietà delle soluzioni e dei diversi tipi di miscele liquide.
- **Identificare** il ruolo dei tensioattivi e degli agenti emulsionanti nei sistemi biologici.
- **Sapere** come si esprime la concentrazione di una soluzione e le sue implicazioni biologiche e cliniche.
- **Saper applicare** i concetti a esempi pratici rilevanti per la biologia animale e la veterinaria.



GASSOSE

Si miscelano
in tutte le
proporzioni

SOLIDE

Si ottengono
sciogliendo
un metallo
in un altro

LIQUIDE

Si suddividono
in quattro
classi:

sospensioni**eterogenee****dispersioni
colloidali
o colloidì****eterogenee****soluzioni****omogenee****emulsioni****eterogenee**

- I composti possono trovarsi in natura allo stato puro o in miscela con altri.
- Esistono miscele gassose, liquide e solide con caratteristiche diverse.
- Le miscele biologicamente più importanti sono quelle liquide.
- Le miscele di liquidi possono essere di quattro tipi: **soluzioni, sospensioni, colloidì** (sono un tipo di sospensione colloidale con particelle di dimensioni comprese tra 1 e 1000 nm) ed **emulsioni**.



PROPRIETÀ GENERALI DELLE SOLUZIONI

- **Una soluzione:** è una miscela omogenea di due o più sostanze distribuite uniformemente l'una nell'altra. Una soluzione liquida consiste di due componenti: il **soluto**, che può essere una sostanza solida, liquida o gassosa, e il **solvente**, che in genere è una sostanza liquida nella quale si scioglie il soluto.
- Quando un cristallo di sale viene messo in acqua, in seguito ad agitazione si scioglie, formando così una soluzione. Quando si aggiunge altro sale a questa soluzione, esso si scioglie ancora, facendo diventare così la soluzione più concentrata della precedente. Ancora altro sale può essere sciolto per produrre una soluzione sempre più concentrata.
 - una delle proprietà delle soluzioni è che esse possono avere **composizione variabile**;
 - quantità variabili di sale e acqua possono essere mescolate per formare soluzioni di acqua salata a diversa concentrazione.

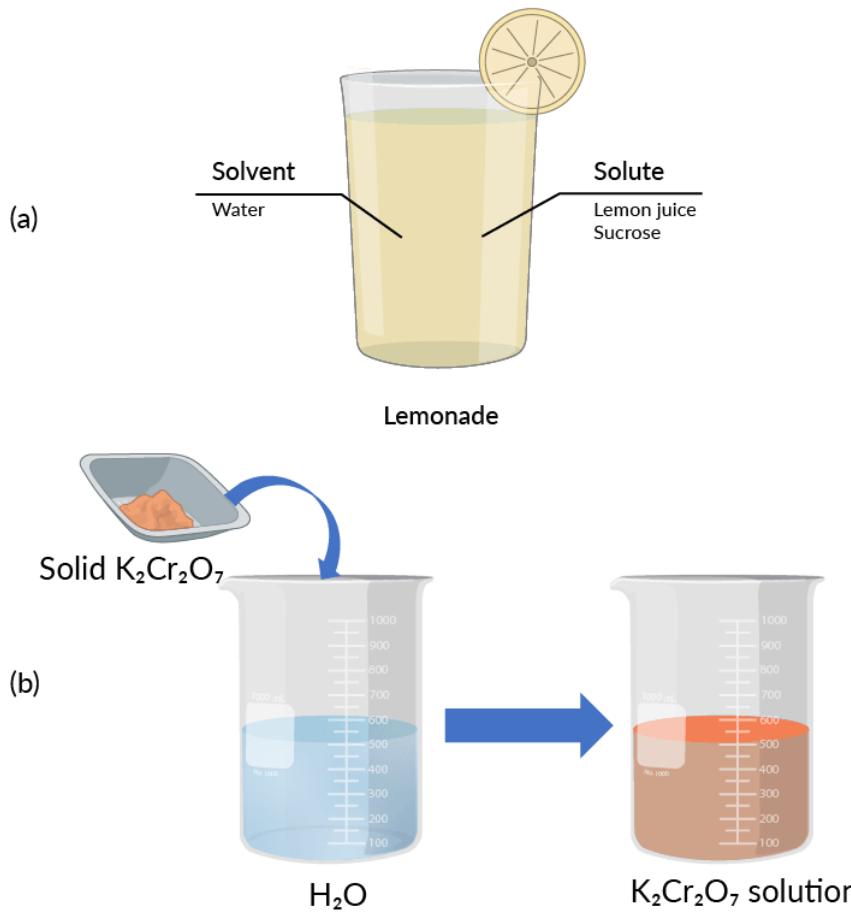
In generale, tutte le soluzioni sono omogenee e il soluto è indistinguibile dal solvente.



Proprietà generali delle soluzioni

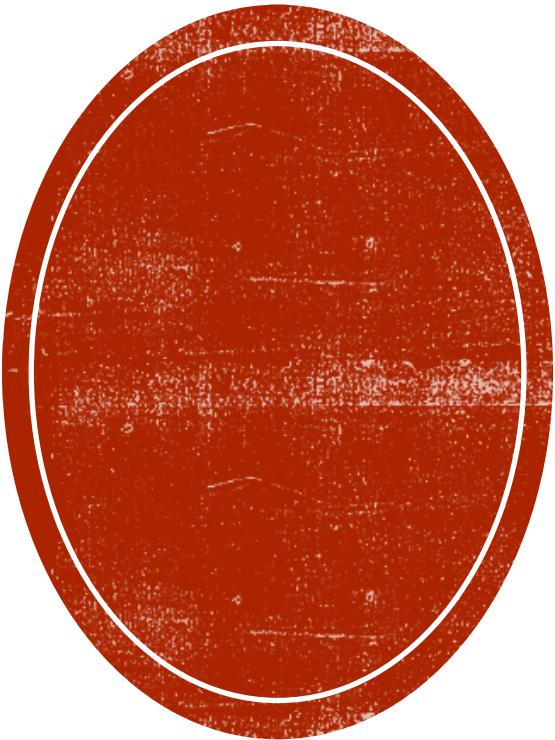
- Quando una soluzione viene lasciata indisturbata per un lungo periodo di tempo, non si ha la sedimentazione di cristalli di soluto, se ovviamente il solvente non evapora. Questa è un'altra proprietà delle soluzioni: il soluto non sedimenta.
- Il sale presente in una soluzione può essere recuperato se l'acqua viene fatta evaporare; questo fatto è vero anche per una soluzione di zucchero. In generale **i componenti di una soluzione possono essere separati con metodi fisici**.
- Se una soluzione viene fatta passare attraverso un filtro di carta, non cambia le sue proprietà; cioè **le particelle della soluzione sono più piccole dei pori presenti nella carta da filtro**.





- a) La limonata è una soluzione omogenea di succo di limone e saccarosio in acqua.
- b) Quando il dicromato di potassio ($\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$) viene miscelato con acqua, forma una soluzione omogenea di colore arancione di dicromato di potassio.



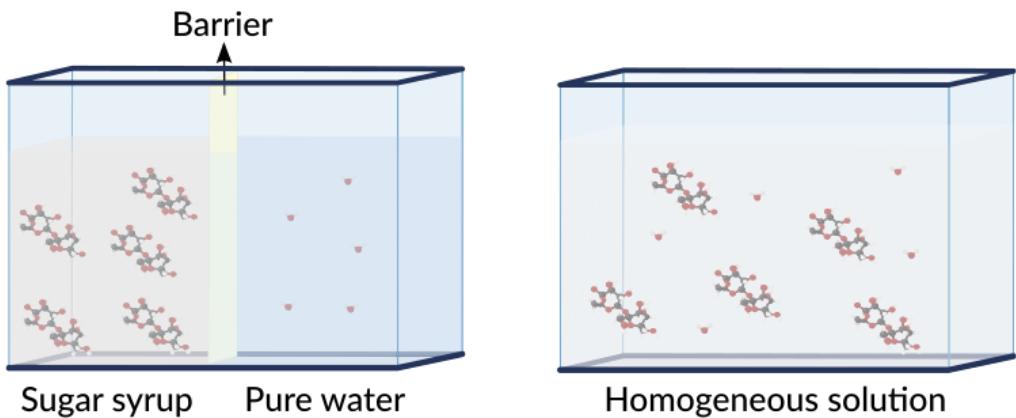


Esempi biologici

- Plasma sanguigno (soluzione di proteine, sali minerali, glucosio in acqua)
- Liquido cerebrospinale
- Succhi digestivi

Le proprietà delle soluzioni possono essere così riassunte:

- sono costituite da una o più sostanze solubili (soluto) disiolte in una sostanza liquida (solvente);
- hanno composizione variabile;
- sono trasparenti alla luce;
- sono omogenee;
- non presentano sedimentazione;
- possono essere separate nei loro componenti mediante metodi fisici;
- passano attraverso la carta da filtro.



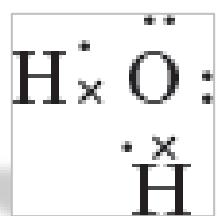
▪ Mescolando lo sciroppo di zucchero (contenente molecole di saccarosio) e l'acqua si ottiene una soluzione omogenea formata spontaneamente a livello molecolare.



Natura del solvente

STRUTTURA DELL'ACQUA

L'acqua pura non conduce elettricità. Questo indica che l'acqua è un composto in cui sono presenti solo legami chimici covalenti. Ogni atomo di idrogeno, pertanto, condivide due elettroni di legame con l'atomo di ossigeno.

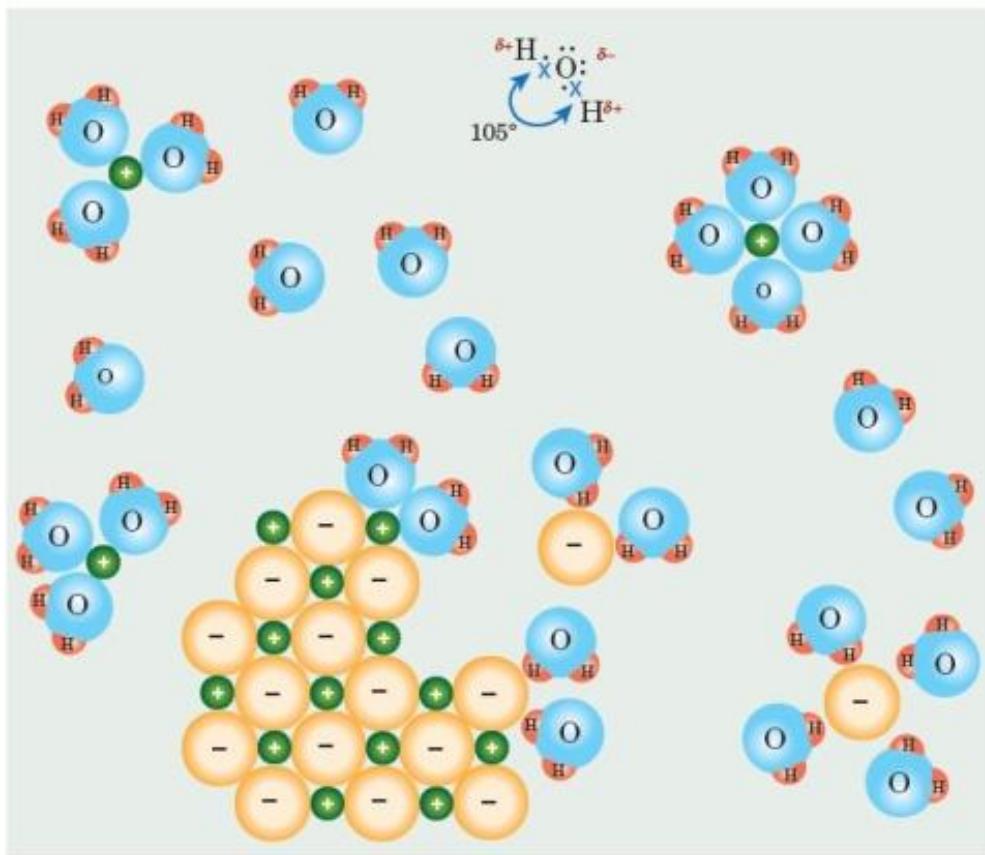


Si potrebbe immaginare che gli atomi della molecola dell'acqua siano disposti lungo un asse per formare una struttura del tipo H—O—H. Evidenze sperimentali però indicano che gli atomi, nella molecola dell'acqua, non sono disposti in modo lineare, ma formano un angolo di legame di circa 105°:

dove le \times rappresentano gli elettroni dell'idrogeno e i punti quelli dell'ossigeno. A causa però della maggiore elettronegatività dell'ossigeno rispetto all'idrogeno, gli elettroni di legame permangono più tempo sull'atomo di ossigeno che non su quelli dell'idrogeno, pertanto sull'atomo di ossigeno si avrà una parziale carica negativa e sugli atomi di idrogeno una parziale carica positiva.



FIGURA 6.2
Rappresentazione
schemaica della
dissoluzione in
acqua di un
composto ionico
come il cloruro di
sodio (NaCl). I
cerchietti con il
segno +
rappresentano gli
ioni Na^+ , quelli con
il segno - gli ioni Cl^- .



Autori vari

Elementi di chimica e biochimica

EdiSES Edizioni

MOLECOLE POLARI

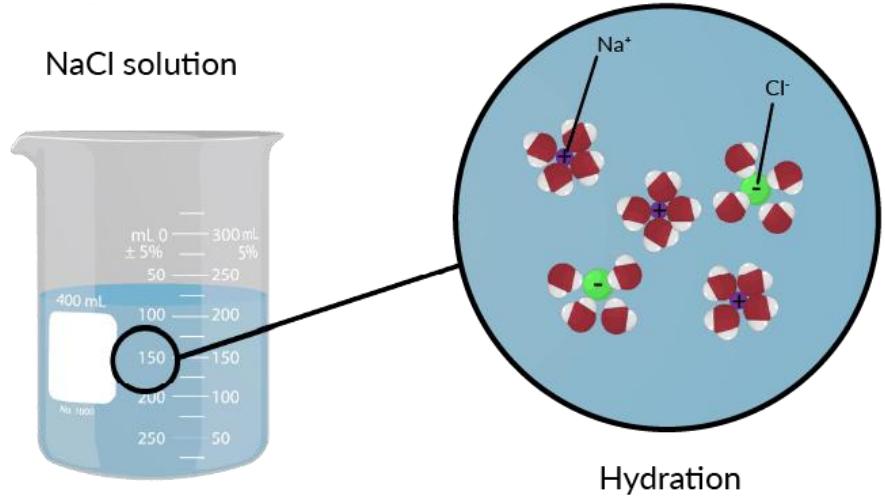
Le molecole nelle quali vi è una ineguale distribuzione delle cariche sono definite molecole polari. L'acqua è una molecola polare. Questa sua natura è responsabile della proprietà di essere un solvente per molte sostanze.

Ioni idratati

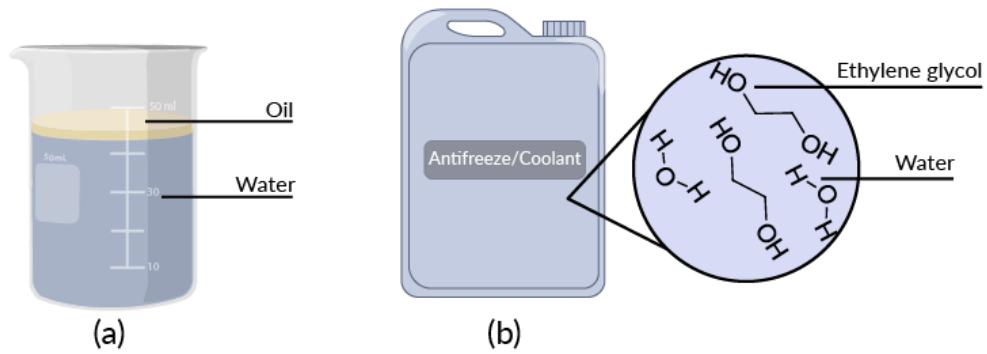
- Quando un composto ionico, come il cloruro di sodio (NaCl), è messo in acqua, si solubilizza perché le molecole di acqua, esercitando una forza di attrazione verso gli ioni, li separano formando una sorta di guscio intorno ad essi. Tali ioni vengono chiamati ioni idratati (o più in generale solvatati) e vengono rappresentati con formule del tipo $\text{Na}^+(\text{aq})$ o $\text{Cl}^-(\text{aq})$.
- Il cloruro di sodio è, come detto, un composto ionico, e pertanto polare, a causa della ineguale distribuzione delle cariche sugli atomi di sodio e di cloro che costituiscono il reticolo cristallino del sale.

La regola generale è che le sostanze polari sono solubili in solventi polari, mentre i composti apolari sono solubili in solventi apolari.





- Quando il cloruro di sodio (NaCl) si dissolve in acqua, gli ioni vengono idratati. Le molecole di acqua polare sono attratte dalle cariche sugli ioni Na^+ e Cl^-



- L'olio è insolubile in acqua e forma uno strato separato quando viene aggiunto a un bicchiere contenente acqua.
- Le molecole di glicole etilenico sono solubili ed omogeneamente disperse in acqua in un flacone di antigelo.



TENSIONE SUPERFICIALE DELL'ACQUA

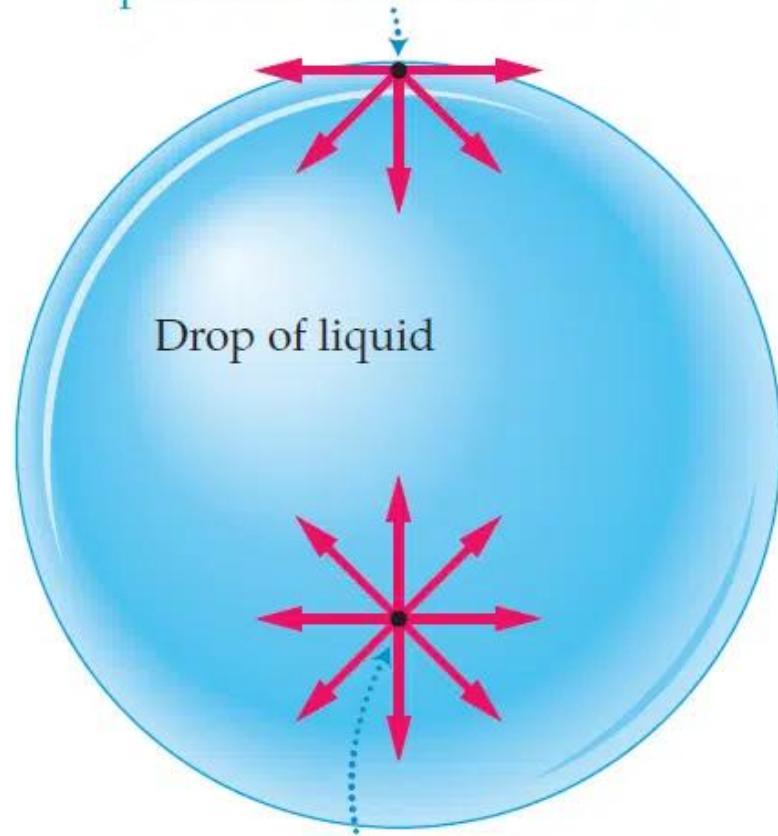
Si consideri una molecola d'acqua che si trova alla superficie della quantità d'acqua presente nel bicchiere. Essa verrà attratta dalle altre molecole d'acqua presenti ai suoi lati e al di sotto di essa, ma non dall'aria che si trova al di sopra. Quindi, vi sarà una netta forza di attrazione delle molecole d'acqua superficiali verso il basso. Tale forza di attrazione genera una contrazione dello strato superficiale di liquido e porta alla formazione di una pellicola.

La tensione superficiale può essere definita come la forza che causa la contrazione dello strato superficiale di un liquido e può essere anche definita come la forza necessaria per rompere la pellicola superficiale di un liquido. Tutti i liquidi presentano una tensione superficiale e, in particolare, quella dell'acqua è più alta di quella di molti altri liquidi.

- La tensione superficiale è responsabile della formazione e della forma delle gocce d'acqua. La pellicola superficiale d'acqua determina la forma sferica della goccia piuttosto che distribuirla su una maggiore superficie.



A molecule on the surface is pulled toward the interior.



An interior molecule is pulled by its neighbors equally in all directions.

Tensioattivi

Alcuni farmaci utilizzati per agire nei tessuti respiratori contengono agenti che riducono la tensione superficiale dell'acqua. Queste sostanze che agiscono sulla struttura della superficie dei liquidi sono chiamate tensioattivi e, in questi casi, permettono al farmaco di distribuirsi su tutto il tessuto piuttosto che formare gocce che presentano una minore superficie attiva. Anche i saponi sono dei tensioattivi. La bile, che viene secreta dal fegato, contiene i sali biliari, che agiscono come tensioattivi e facilitano la digestione dei grassi.

Sindrome da stress respiratorio

Una carenza di tensioattivi nei polmoni dei neonati prematuri può causare la sindrome da distress respiratorio (RDS), precedentemente chiamata malattia della membrana ialina. Il tensioattivo, in questo caso, è necessario per formare un rivestimento della parete interna degli alveoli polmonari; se la concentrazione di questi tensioattivi è molto bassa o se essi sono assenti, la tensione superficiale del liquido negli alveoli aumenta e può causare il collasso di una parte del polmone e il conseguente stress respiratorio.

Esempi biologici:

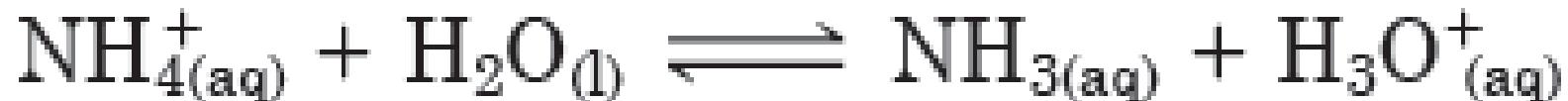
- **Bile:** sali biliari agiscono come tensioattivi per la digestione dei grassi
- **Surfattante polmonare:** riduce la tensione superficiale negli alveoli polmonari
- **Saponi e detergenti:** disperdoni i grassi in acqua



Idrolisi

Se un sale come il cloruro di ammonio viene messo in acqua, esso, analogamente al cloruro di sodio, si dissocia in cationi NH_4^+ e anioni Cl^- per azione dell'acqua, che in questo modo lo porta in soluzione.

Successivamente, lo ione idratato indicato con la formula $\text{NH}_4^+_{(\text{aq})}$ è in grado di reagire con l'acqua secondo la seguente reazione di equilibrio:



Una reazione di questo tipo viene chiamata di **idrolisi**, in quanto viene rotto un legame covalente (in questo caso tra l'azoto e l'idrogeno) per intervento di una molecola d'acqua.



Il termine idrolisi indica generalmente la reazione di un composto con l'acqua.

Es: L'idrolisi avviene anche durante il processo di digestione dei cibi, come nel caso sotto riportato della reazione di idrolisi enzimatica del saccarosio a fruttosio e glucosio:

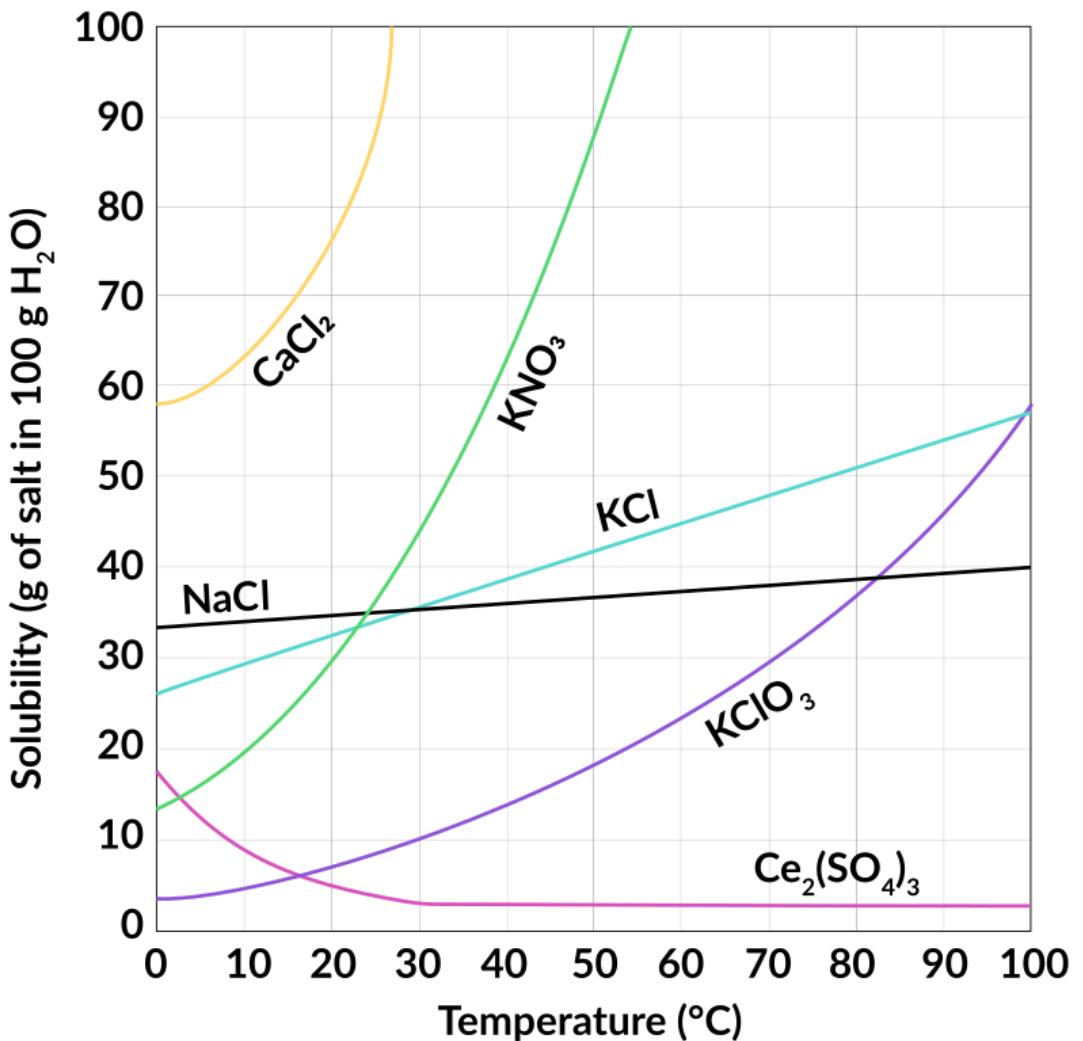


Es: L'idrolisi dei grassi, nel nostro organismo, porta alla formazione di acidi grassi e glicerolo, mentre l'idrolisi delle proteine produce amminoacidi. Tali reazioni sono catalizzate da enzimi specifici

Solventi diversi dall'acqua

Oltre all'acqua, anche altri solventi possono essere utilizzati per preparare delle soluzioni. Uno dei solventi maggiormente utilizzati nelle strutture sanitarie è **l'alcol etilico**. Le soluzioni alcoliche vengono chiamate tinture. La tintura di iodio è una soluzione di iodio in alcol etilico. L'etere è un eccellente solvente per gli olii e i grassi, i quali non si sciogliono in acqua.





FATTORI CHE INFLUENZANO LA SOLUBILITÀ DI UN SOLUTO

- **Temperatura**
- Molti soluti solidi sono molto più solubili in acqua calda che in acqua fredda, con diverse eccezioni. Ad esempio, la solubilità di alcuni sali [es. Ce₂(SO₄)₃] diminuisce all'aumentare della temperatura o mostra solo una piccola variazione di solubilità (es. NaCl). I gas, come HCl e SO₂, diventano meno solubili all'aumentare della temperatura. La solubilità di Br₂ (un liquido) non viene praticamente influenzata dalla temperatura.



Pressione

Una variazione di pressione non ha praticamente effetto sulla solubilità di un solido o un liquido in un dato solvente, ma influenza significativamente la solubilità di un gas in un liquido, che aumenta all'aumentare della pressione.

Natura del solvente

In generale, i liquidi polari sciogliono i composti polari e i liquidi non polari sciogliono i composti non polari. L'acqua è un liquido polare e scioglie i composti polari, come ad esempio il cloruro di sodio (NaCl), ma non quelli non polari (es. olio di oliva).

Leghe

Oltre alle soluzioni liquide, esistono anche le soluzioni solide, costituite da un metallo sciolto in un altro metallo quando entrambi sono allo stato fuso. Queste soluzioni vengono chiamate **leghe**. Alcune leghe vengono utilizzate per preparare protesi di sostituzione di alcune parti del corpo, come l'osso dell'anca e l'articolazione del ginocchio.

Amalgama

Un tipo particolare di lega consiste di un metallo sciolto nel mercurio, un metallo liquido. Questo tipo di lega viene chiamato amalgama. Se si scioglie l'argento nel mercurio si ottiene un amalgama di argento, sostanza utilizzata dai dentisti per le otturazioni delle carie dentali.



$$\% \text{ } V/V = \frac{V_{\text{soltuto}} \text{ (mL)}}{V_{\text{soluzione}} \text{ (mL)}} \cdot 100$$

$$\% \text{ } m/m = \frac{m_{\text{soltuto}} \text{ (g)}}{m_{\text{soluzione}} \text{ (g)}} \cdot 100$$

$$\% \text{ } m/V = \frac{m_{\text{soltuto}} \text{ (g)}}{V_{\text{soluzione}} \text{ (mL)}} \cdot 100$$

MODI DI ESPRIMERE LA CONCENTRAZIONE DELLE SOLUZIONI

- **Percentuale**
- **La percentuale peso/volume esprime il peso (grammi) di soluto sciolto in 100 ml di soluzione.**

Una soluzione di glucosio al 10% conterrà 10 g di glucosio in 100 ml di soluzione. Una soluzione salina allo 0,9% conterrà 0,9 g di cloruro di sodio in 100 ml di soluzione. Nelle metodologie cliniche vengono in genere utilizzate soluzioni diluite e la loro concentrazione viene espressa in termini di milligrammi per cento (mg%), che esprimono il numero di milligrammi di soluto contenuti in 100 ml di soluzione. Tale notazione viene anche espressa come milligrammi per decilitro (mg/dl).



- **Parti per milione**

$$c_{\text{ppm}} = \frac{\text{massa del soluto}}{\text{massa della soluzione}} \times 10^6 \text{ ppm}$$

$$c_{\text{ppb}} = \frac{\text{massa del soluto}}{\text{massa della soluzione}} \times 10^9 \text{ ppb}$$

- La concentrazione di soluzioni ancora più diluite viene espressa come **milligrammi per litro (mg/l)**. Un altro modo di esprimere tali basse concentrazioni è **parti per milione (ppm)** che, considerando la densità dell'acqua uguale a 1 kg/l, risulta equivalente a mg/l. Cioè, se la concentrazione di una soluzione è 40 mg/l, essa può essere anche espressa come 40 ppm. La notazione ppm viene utilizzata per indicare la durezza delle acque e la concentrazione di alcuni inquinanti, sia dell'acqua sia dell'aria. Concentrazioni ancora più basse possono essere indicate come **parti per miliardo (ppb)**, che è l'equivalente di milligrammi per 1000 litri (mg/1000 l).



Molarità

La molarità è il metodo più utilizzato dai chimici per indicare la concentrazione di una soluzione. Una soluzione 1 molare viene definita come una soluzione che contiene 1 mole di soluto in un litro di soluzione. Una soluzione 1 molare (1 M) di glucosio ($C_6H_{12}O_6$) contiene 1 mole di glucosio (180 g) in un litro di soluzione.

$$\text{molarità} = M = \frac{n_{\text{soltoto}} (\text{mol})}{V_{\text{soluzione}} (\text{L})}$$

La concentrazione molale (m) o molalità è il rapporto tra le moli di soluto e la massa del solvente espressa in kilogrammi

$$\text{molalità} = m = \frac{n_{\text{soltoto}} (\text{mol})}{m_{\text{solvente}} (\text{kg})}$$

La frazione molare (X) di un componente di una soluzione è il rapporto fra il suo numero di moli di quel componente e il numero totale di moli di tutti i componenti.

$$X_A = \frac{n_A}{n_A + n_B + n_C + \dots + n_Z}$$

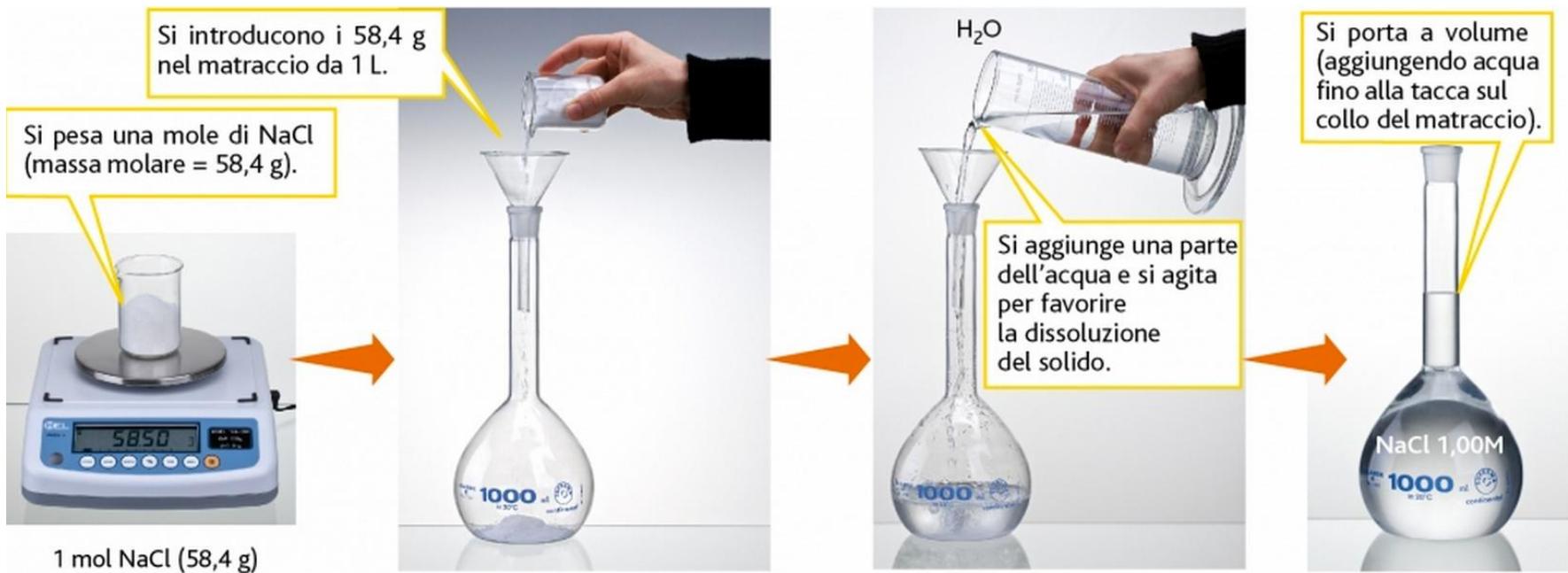


Milliequivalenti per litro

La concentrazione degli ioni nei liquidi biologici viene generalmente espressa come milliequivalenti per litro (mEq/l). Il numero di equivalenti di uno ione si ottiene moltiplicando il numero delle moli di ione presenti per il valore del numero di cariche che lo ione possiede. Cioè, una mole di ioni sodio (Na^+) contiene un equivalente di ioni sodio, una mole di ioni calcio (Ca^{2+}) contiene due equivalenti di ioni calcio e una mole di ioni carbonato (CO_3^{2-}) contiene due equivalenti di ioni carbonato. Un milliequivalente (mEq) corrisponde alla millesima parte dell'equivalente.



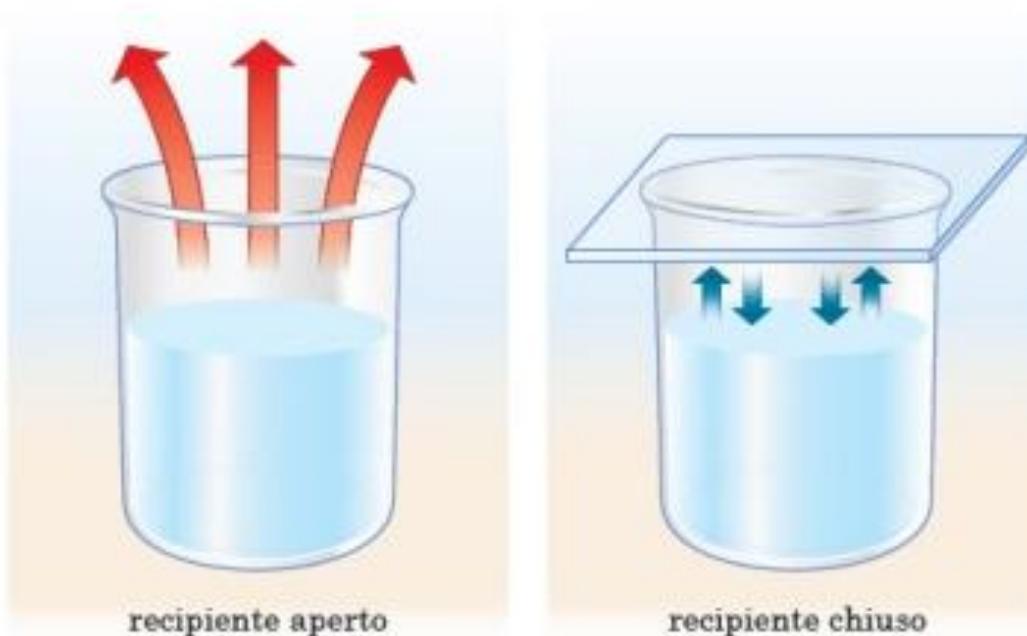
Preparazione di una soluzione acquosa 1.0 M di NaCl



PROPRIETÀ COLLIGATIVE DELLE SOLUZIONI

- **Le proprietà che dipendono dal numero delle particelle (atomi, molecole e/o ioni) del soluto e non dalla sua natura si definiscono proprietà colligative e sono:**
- *l'abbassamento della tensione di vapore del solvente;*
- *l'abbassamento del punto di congelamento;*
- *l'innalzamento del punto di ebollizione del solvente;*
- *la tendenza del solvente a passare da una soluzione ad un'altra attraverso una membrana semipermeabile. Questo fenomeno viene indicato con il termine osmosi.*

ABBASSAMENTO DELLA TENSIONE DI VAPORE DEL SOLVENTE



Si considerino due recipienti contenenti acqua, uno aperto, l'altro chiuso. L'acqua nel contenitore aperto continua ad evaporare fino a quando nel recipiente non rimarrà più acqua. La situazione si presenta diversa nel recipiente chiuso.

- Man mano che le molecole di acqua evaporano, alcune molecole ritorneranno allo stato liquido fino a quando non si raggiunge un equilibrio tra la velocità di evaporazione e la velocità con cui le molecole di acqua lasceranno lo stato vapore per ritornare allo stato liquido. La pressione esercitata dalle molecole di vapore in condizione di equilibrio è definita **tensione di vapore del liquido**.

In una soluzione, la tensione di vapore del solvente diminuisce all'aumentare della quantità di soluto non volatile disciolto in esso.



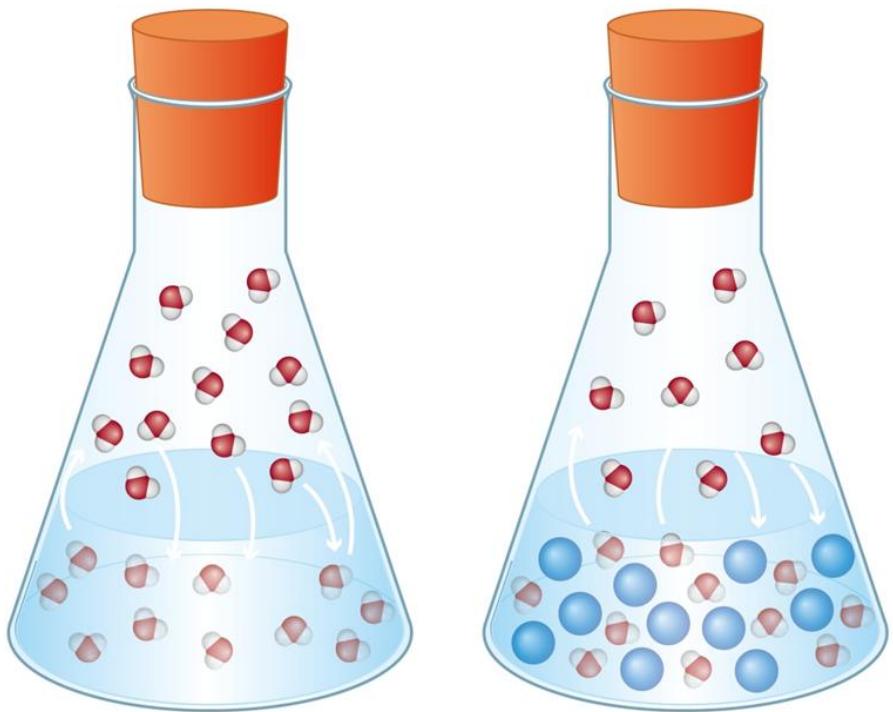


Figura 7.7 Evaporazione delle molecole dalla superficie del liquido. Se il soluto (palline blu) è poco volatile rispetto al solvente (palline rosse), la sua evaporazione è trascurabile rispetto a quella del solvente.



EFFETTO DEL SOLUTO SUI PUNTI DI EBOLLIZIONE E DI CONGELAMENTO

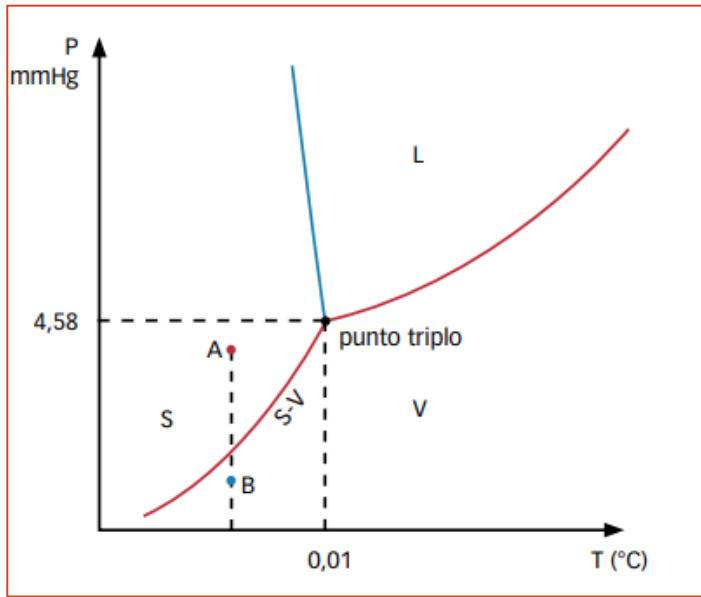
- Il punto di ebollizione di un liquido è definito come la temperatura alla quale la tensione di vapore del liquido egualia la pressione atmosferica. Per l'acqua, la temperatura alla quale la tensione di vapore è 1 atm (760 mm Hg) è 100 °C.
- **Alla pressione di 1 atm, l'acqua bolle a 100 °C.** Se la pressione atmosferica è inferiore ad 1 atm, l'acqua bolle ad una temperatura più bassa di 100 °C; se invece la pressione atmosferica è maggiore di 1 atm, l'acqua bolle ad una temperatura più alta di 100 °C.
- **Quando si scioglie un soluto poco volatile in un solvente, il punto di ebollizione della soluzione così ottenuta sarà sempre maggiore di quello del solvente puro.** L'acqua pura bolle a 100 °C a 1 atm di pressione. Una soluzione acquosa di sale o di zucchero bollirà ad una temperatura superiore a 100 °C.



- Analogamente, **quando un soluto poco volatile viene sciolto in un solvente, la temperatura di congelamento della soluzione risultante sarà sempre minore di quella del solvente puro.** Il punto di congelamento dell'acqua pura è 0 °C; *il punto di congelamento di una soluzione acquosa di zucchero o di sale sarà sempre inferiore a 0 °C.*
- **Esempio:** Queste proprietà vengono sfruttate, ad esempio, nel sistema di raffreddamento dei motori delle automobili. Il liquido antigelo viene aggiunto nel radiatore delle auto per abbassare il punto di congelamento del liquido di raffreddamento, che non congelerà se la temperatura esterna scende al di sotto di 0 °C. Inoltre, anche la temperatura di ebollizione di tale liquido aumenterà, prevenendo così il fenomeno dell'ebollizione.



DIAGRAMMA DI STATO DELL'ACQUA

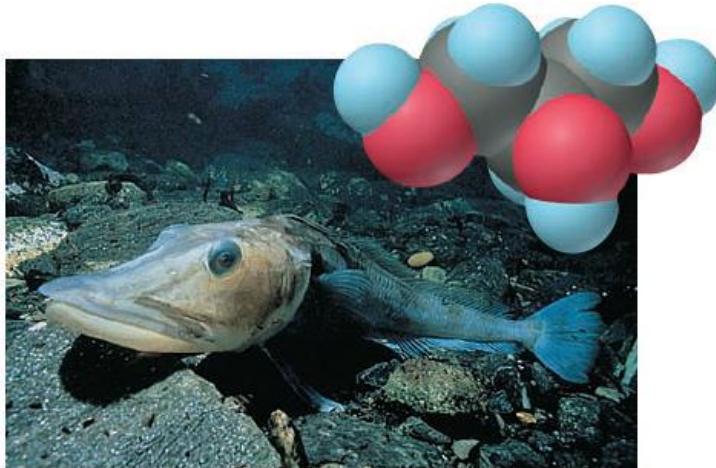


- il passaggio di stato diretto da ghiaccio a vapore (**sublimazione**) si ottiene solo se ci troviamo al di sotto del punto triplo (zona S nel grafico).
- **Il punto triplo corrisponde all'unico momento in cui coesistono all'equilibrio tutti e tre gli stati fisici dell'acqua (solido, liquido e vapore).** Questo avviene quando la pressione è pari a 4,58 mmHg (609,28 Pa) e la temperatura corrisponde a 0,01 °C. Al di sotto di questo punto l'acqua liquida non esiste.

Se consideriamo di partire da condizioni di temperatura e pressione comprese nella zona S (punto A nel grafico), l'acqua è allo stato solido (ghiaccio). Abbassando la pressione (facendo il vuoto) e mantenendo costante la temperatura, raggiungeremo il punto B che sta sotto la linea di equilibrio tra ghiaccio e vapore (S-V). Così facendo faremo sublimare il ghiaccio in vapore. Le condizioni di pressione e di temperatura rimarranno fissate sui valori corrispondenti al punto B finché tutto il ghiaccio non sublima.

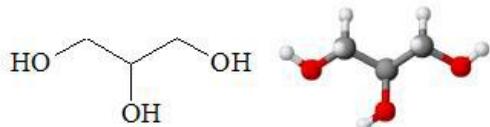


APPLICAZIONI PRATICHE



- **Pesci artici:**

Alcuni pesci dei mari del nord e dell'artico, per sopravvivere ai rigidi inverni, producono grandi quantità di glicerolo che abbassa il punto di congelamento del sangue.



L'acqua sparsa sui frutti gela ma il succo interno ha un punto di congelamento inferiore a 0 C.

• **Antigelo:** aggiunto all'acqua del radiatore dell'auto per abbassare il punto di congelamento



OSMOSI E PRESSIONE OSMOTICA

- L'osmosi può essere definita come il processo di diffusione dell'acqua (solvente), attraverso una membrana semipermeabile (cioè permeabile solo alle molecole del solvente), da una soluzione più diluita (concentrazione di soluto minore) ad una più concentrata (concentrazione di soluto maggiore).



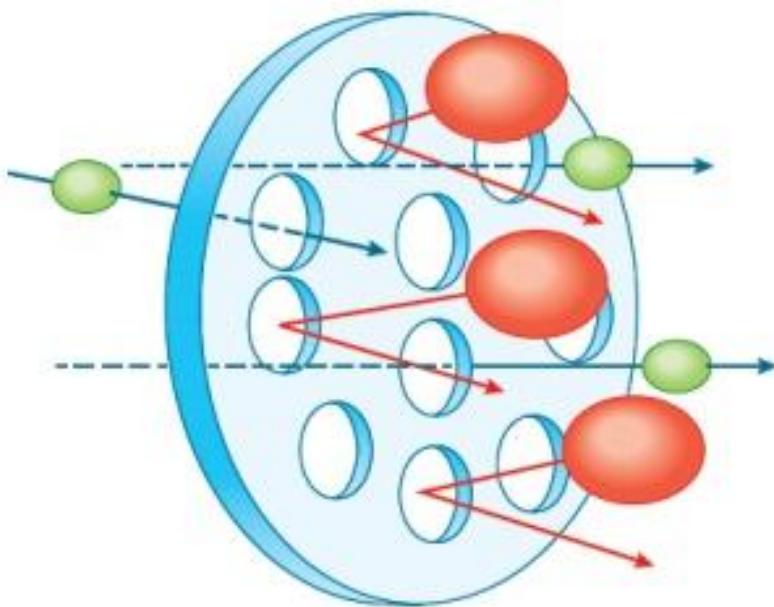


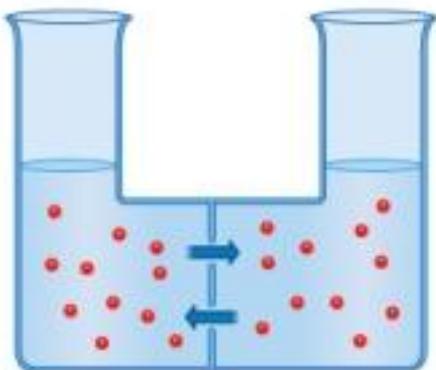
FIGURA 6.4

Una membrana semipermeabile consente alle piccole molecole di solvente di attraversarla abbastanza liberamente da un lato all'altro, ma non permette il passaggio delle molecole di soluto più grandi.



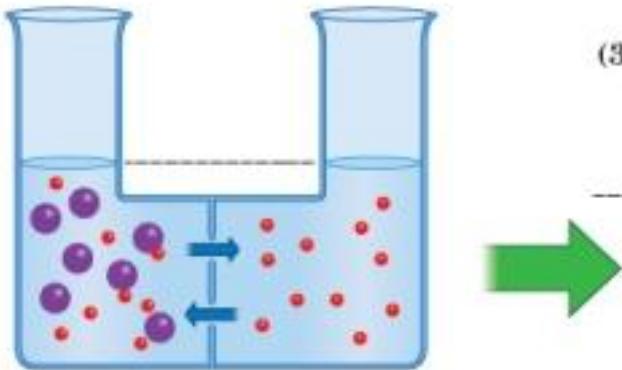
Autori vari
Elementi di chimica e biochimica
EdiSES Edizioni

(1)

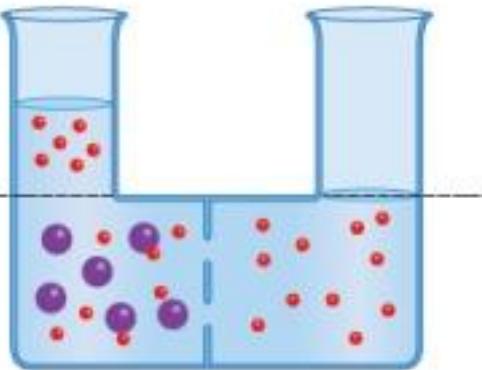


- Molecole di solvente (es. acqua)
- ● Molecole di soluto (es. NaCl)

(2)



(3)



L'osmosi può anche essere definita come la diffusione dell'acqua (solvente) secondo il suo gradiente di concentrazione da una zona a maggiore concentrazione di solvente (una soluzione diluita) ad un'altra a minore concentrazione di solvente (una soluzione concentrata).

Si consideri un recipiente a forma di U nel quale viene posta una membrana semipermeabile. Si assuma che nel lato sinistro sia presente una soluzione di SALE. In quale direzione avverrà l'osmosi? Si avrà una diffusione di acqua dal lato destro al lato sinistro, cioè dalla soluzione più diluita a quella più concentrata, con conseguente aumento del livello di liquido nel lato sinistro. Il liquido che è passato da destra a sinistra eserciterà una certa pressione idrostatica, definita pressione osmotica, equivalente alla forza che bisogna esercitare sulla soluzione più concentrata per egualare i livelli di liquido nei due lati del recipiente.



La **pressione osmotica** (indicata con Π) di una soluzione ideale (diluita, con concentrazione in generale $\leq 10^{-3}$ M) è data dalla seguente espressione:

$$\Pi = (n/V) \times i \times R \times T$$

dove n/V indica la concentrazione molare delle particelle (in generale ioni o molecole) presenti in soluzione, R la costante universale dei gas ($0,0821\text{ l} \cdot \text{atm} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{mol}^{-1}$), T la temperatura espressa in kelvin ed i un fattore correttivo che dipende dal modo in cui il soluto si comporta in soluzione.

Se il soluto non si dissocia (composti molecolari, come ad esempio il glucosio), i assume il valore 1. Se si dissocia completamente (elettrolita forte), come nel caso di un composto ionico (un sale), il valore di i corrisponderà al numero di moli di ioni che una mole di sale libererà in soluzione.

Osmole

Il prodotto $n \times i$ viene anche chiamato osmole (cioè moli di particelle osmoticamente attive) e, corrispondentemente, $(n/V) \times i$ **osmolarità**. La pressione osmotica viene perciò anche riportata con la seguente espressione:

$$\Pi = \text{osmolarità} \times R \times T$$



▪ **OSMOLARITÀ**

- I liquidi dell'organismo umano, ad esempio, hanno una concentrazione di circa 300 milliosmolare (cioè 0,3 osmolare). L'osmolarità di una soluzione può essere calcolata semplicemente dalla sua molarità moltiplicandola per il numero di particelle che il soluto genera in soluzione.



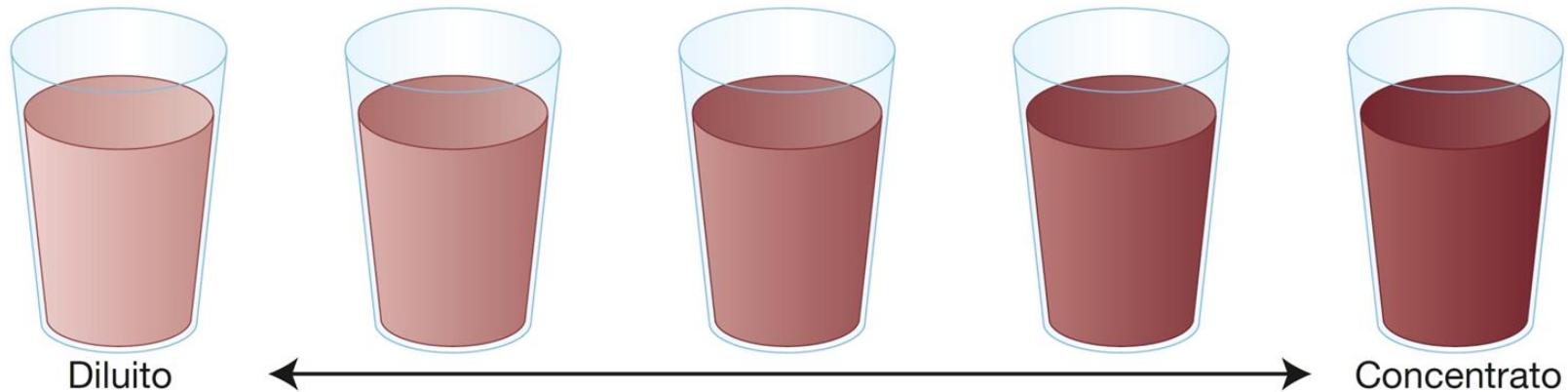


Figura 7.2 Soluzioni a concentrazione di soluto crescente da sinistra a destra.

TIPI DI SOLUZIONI

- **Soluzioni diluite e concentrate**
 - Quando pochi cristalli di zucchero vengono sciolti in un bicchiere pieno d'acqua, si ottiene una soluzione di zucchero diluita. Se si scioglie altro zucchero in questa soluzione, essa diventa più concentrata della precedente. Quando una soluzione viene definita diluita? E quando concentrata? Non esiste una separazione netta di questi due termini, che non hanno un significato quantitativo.



TONICITÀ DELLE SOLUZIONI

Soluzioni isotoniche

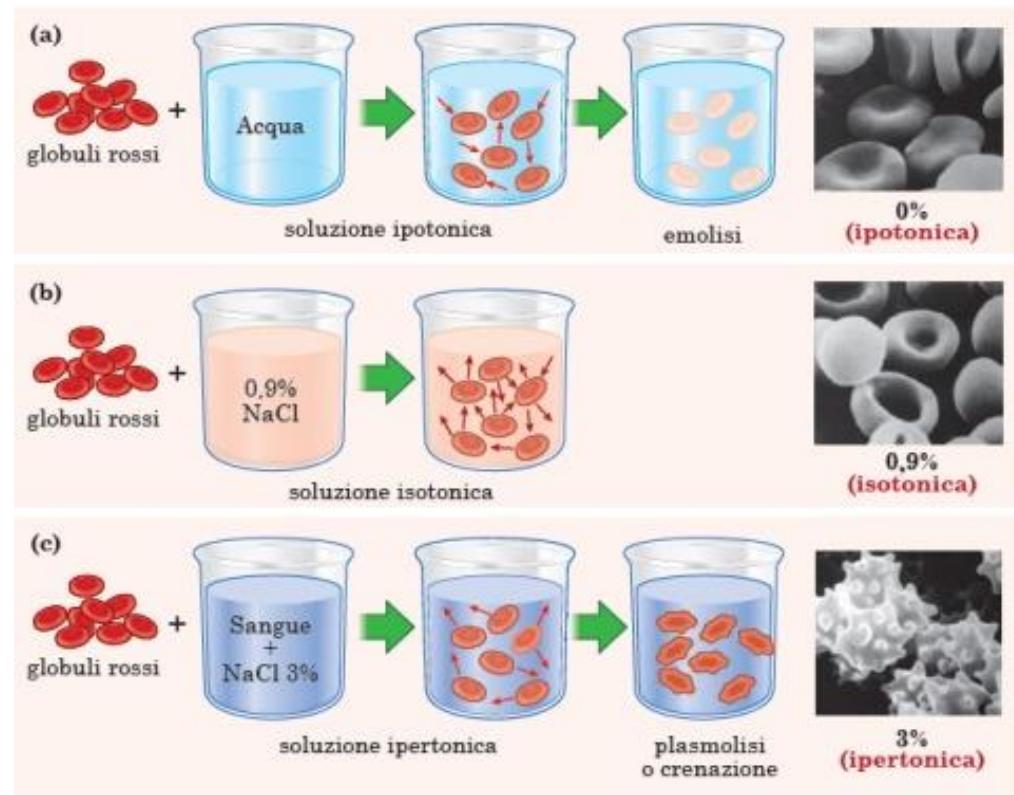
- Due soluzioni che hanno la stessa concentrazione osmolare di soluto (osmolarità), cioè la stessa pressione osmotica alla stessa temperatura, vengono chiamate **soluzioni isotoniche**.

- La concentrazione osmolare del sangue umano è approssimativamente uguale a quella di una soluzione di NaCl allo 0,9%. Il nome comune di tale soluzione è **soluzione fisiologica**. Il sangue e la soluzione fisiologica sono soluzioni isotoniche, hanno cioè la stessa concentrazione osmolare. Una soluzione di glucosio al 5,5% è anch'essa isotonica al sangue.



TONICITÀ DELLE SOLUZIONI

Esempio di soluzione isotonica
Si supponga di porre un globulo rosso in una piccola quantità di soluzione fisiologica. Cosa accadrà? La membrana cellulare del globulo rosso agirà come una membrana semipermeabile. Ci sarà l'osmosi? La risposta è no, perché non vi è differenza di pressione osmotica tra i due lati della membrana cellulare.



In realtà, le molecole di acqua si muovono alla stessa velocità nelle due direzioni attraverso la membrana del globulo rosso, per cui la concentrazione dell'acqua rimane costante (Fig. 6.6b). Per questo motivo la soluzione fisiologica può essere iniettata nel flusso sanguigno senza provocare danni ai globuli rossi.



Soluzioni ipotoniche

Una soluzione è ipotonica rispetto ad un'altra se ha una concentrazione osmolare di soluto più bassa (cioè una pressione osmotica minore alla stessa temperatura). L'acqua distillata o di rubinetto è una soluzione ipotonica rispetto al sangue.

Emolisi

Si supponga di porre un globulo rosso in acqua pura (**una soluzione ipotonica**). La concentrazione di soluti nel liquido interno al globulo rosso è maggiore rispetto a quella dell'acqua, per cui si avrà osmosi e, quindi, diffusione di acqua dall'esterno verso l'interno del globulo rosso (Fig. 6.6a). In seguito a ciò, il globulo rosso aumenterà di volume finché non scoppiera. Tale fenomeno viene chiamato emolisi. Per questo motivo le soluzioni ipotoniche non possono essere infuse nel flusso sanguigno.

Soluzioni ipertoniche

Una soluzione è ipertonica rispetto ad un'altra se ha una concentrazione osmolare di soluto più alta (cioè una pressione osmotica maggiore alla stessa temperatura). Soluzioni al 5% di NaCl o al 10% di glucosio sono ipertoniche rispetto al sangue.



Soluzioni sature

*Si supponga di mettere una piccola quantità di sale in un bicchiere con dell'acqua; essa si scioglierà in seguito ad agitazione. Se si aggiunge altro sale e si continua ad agitare, il sale si scioglierà fino a un certo punto. Oltre tale quantità, il sale aggiunto in eccesso rimarrà indisciolto sul fondo del bicchiere (corpo di fondo). Tale eccesso di sale non si scioglierà nemmeno se si aumenta l'agitazione. La soluzione risultante viene chiamata soluzione satura. In essa, mentre alcuni cristalli andranno in soluzione, una quantità equivalente di soluto sciolto cristallizzerà e sedimenterà sul fondo del contenitore. Tale tipo di interconversione tra due specie viene chiamato **equilibrio dinamico**.*

UNA SOLUZIONE SATURA PUÒ ESSERE DEFINITA COME UNA SOLUZIONE IN CUI VI È UN EQUILIBRIO DINAMICO TRA IL SOLUTO IN SOLUZIONE E QUELLO IN FORMA CRISTALLINA.

- La soluzione satura può anche essere definita come una soluzione che contiene tutto il soluto che si può sciogliere in un solvente in determinate condizioni.
- La solubilità di un composto in un solvente viene definita, pertanto, come la concentrazione della soluzione satura di quel composto in quel determinato solvente.



Soluzioni non sature

le soluzioni non sature contengono una quantità di soluto inferiore a quella massima solubile.

Si supponga, ad esempio, che una soluzione satura di glucosio contenga 25 g di glucosio in un determinato volume di acqua; una soluzione non satura di glucosio ne conterrà meno di 25 g nella stessa quantità di acqua e nelle stesse condizioni.

- i termini “satura” e “non satura” hanno un valore relativo. La stessa quantità di due soluti diversi può generare soluzioni di tipo completamente differente. Ad esempio, 5 g di glucosio in 100 ml di acqua producono una soluzione non satura, mentre 5 g di acido borico in 100 ml di acqua generano una soluzione satura.

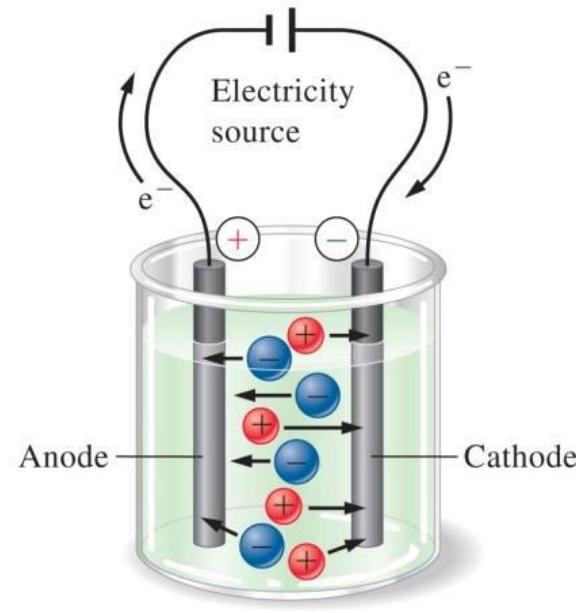
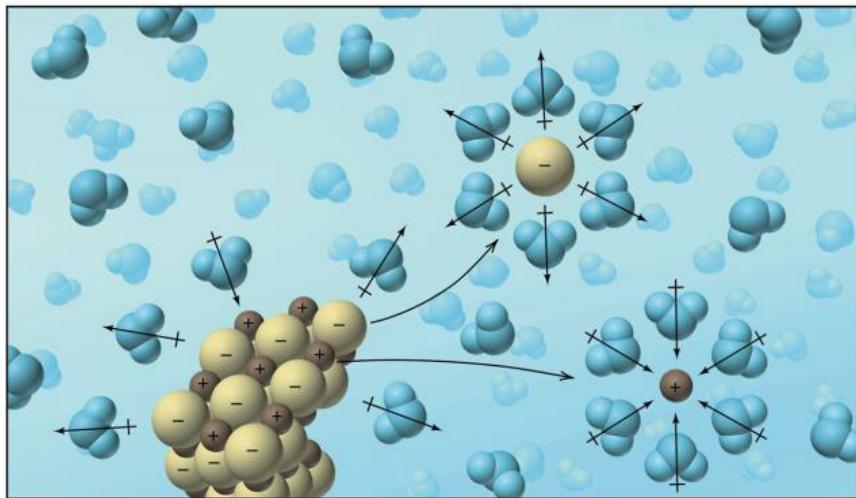


CONDUCIBILITÀ DELLE SOLUZIONI

- ***Le uniche soluzioni acquose che conducono la corrente sono quelle degli acidi, delle basi e dei sali. Le sostanze le cui soluzioni acquose conducono la corrente vengono chiamate elettroliti.***
- Analogamente, le sostanze che, sciolte in acqua, producono soluzioni che non conducono la corrente, vengono chiamate non elettroliti. L'acqua pura è un non elettrolita così come l'alcol. Lo zucchero in soluzione acquosa è un non elettrolita.



- Quando i cristalli di cloruro di sodio vengono sciolti in acqua, gli ioni presenti nel cristallo diventano liberi di muoversi in soluzione. Questi ioni carichi positivamente e negativamente verranno attratti da elettrodi carichi di segno opposto.
- Se due elettrodi, quindi, vengono messi in una soluzione di cloruro di sodio e collegati a una batteria, la soluzione condurrà la corrente elettrica.
- Gli ioni sodio positivi vengono attratti dal polo negativo, chiamato **catodo**. Gli ioni cloruro negativi vengono invece attratti dal polo positivo, l'**anodo**. Questo movimento di ioni in soluzione produce un flusso di corrente.
- Se un non elettrolita viene sciolto in acqua, non si formano ioni e non si verifica quindi il fenomeno della conducibilità.



Elettroliti forti si dissociano completamente.

-buoni conduttori di elettricità.

Elettroliti deboli si dissociano parzialmente.

-mediocri conduttori di elettricità.

Non-elettroliti non si dissociano.

-cattivi conduttori di elettricità.

Gli acidi sono elettroliti.

Non tutti gli acidi però si comportano allo stesso modo. L'acido cloridrico (HCl) diluito è un elettrolita forte, mentre l'acido acetico (CH3COOH) diluito è un elettrolita debole. Analogamente, l'idrossido di sodio è un elettrolita forte, mentre l'ammoniaca è un elettrolita debole. Quando l'acido cloridrico o l'idrossido di sodio vengono sciolti in acqua, essi si dissociano quasi completamente, come indicato dalla freccia unidirezionale nella loro reazione di dissociazione.



Poiché queste sostanze sono quasi completamente dissociate, vengono chiamate elettroliti forti.



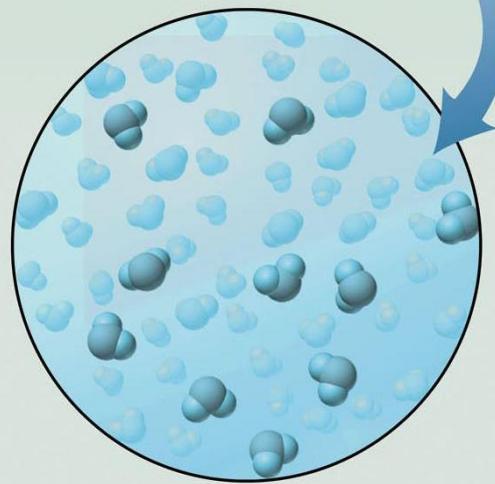
Alcuni altri acidi o basi si ionizzano solo parzialmente quando sono sciolti in acqua. Essi rimangono principalmente sotto forma indissociata e sono in equilibrio tra la forma indissociata e gli ioni prodotti dalla loro dissociazione, con l'equilibrio spostato a sinistra, come indicato dalla doppia freccia.



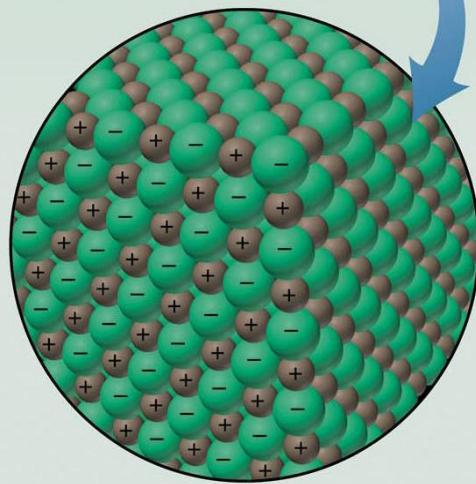
Queste sostanze vengono chiamate **elettroliti deboli**.



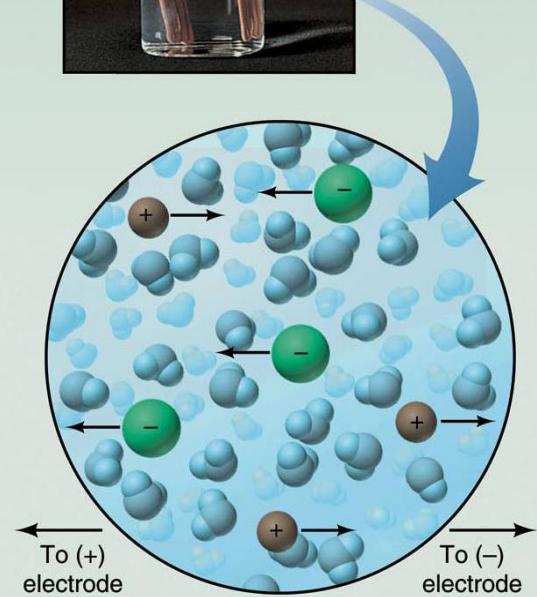
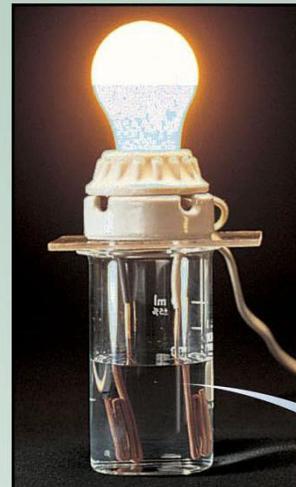
SOLUZIONI DI ELETTROLITI



A Distilled water does not conduct a current



B Positive and negative ions fixed in a solid do not conduct a current



C In solution, positive and negative ions move and conduct a current



SOSPENSIONI

Una sospensione è una miscela eterogenea di due o più componenti.

Proprietà delle sospensioni

Le proprietà delle sospensioni possono essere così riassunte:

- 1.sono costituite da una sostanza dispersa in un liquido;
- 2.sono eterogenee;
- 3.non sono trasparenti alla luce;
- 4.tendono a sedimentare;
- 5.non passano attraverso la carta da filtro e le membrane.

La nebulizzazione è il processo di sospensione di un liquido in un gas. I pazienti con una diminuita quantità di acqua nei polmoni presentano secrezioni bronchiali molto dense; è possibile in questi casi utilizzare un nebulizzatore che produce un aerosol contenente molta acqua, che può così penetrare nella trachea e nei bronchi, reidratandoli.

Esempi **biologici**

- Sangue intero (globuli rossi, bianchi, piastrine sospese in plasma)
- Suspensioni farmaceutiche
- Nebulizzazioni (liquidi in gas)



COLLOIDI

La terza classe di miscele di liquidi, dette **colloidi**, è costituita da piccole particelle sospese in un liquido; tali particelle, tuttavia, non costituiscono una sospensione. I colloidi sono abbastanza differenti dalle sospensioni e hanno specifiche proprietà.

- Quando un colloide (o sospensione colloidale) viene versato in un imbuto con carta da filtro, passa attraverso tale filtro. Questo indica che le particelle di colloide sono più piccole dei pori presenti nella carta da filtro. Quando invece il colloide viene messo su una membrana, le particelle colloidali non passano attraverso di essa. Quindi, le particelle colloidali sono più grandi dei pori presenti nella membrana.
- Siccome le particelle in soluzione passano sia attraverso la carta da filtro sia attraverso le membrane, a differenza di quelle in sospensione, le particelle colloidali devono avere una grandezza intermedia tra quella delle particelle in soluzione e quella delle particelle in sospensione.
- Le particelle colloidali hanno una dimensione che varia tra 1 e 1000 nm (1 nm = 0,00000001 m; un milionesimo di millimetro); le particelle in soluzione hanno dimensioni minori di 1 nm, mentre le particelle in sospensione sono grandi più di 1000 nm.



I colloidì differiscono però dalle soluzioni perché le particelle disperse sono abbastanza grandi da diffondere la luce (**effetto tyndall**).



Il latte appare bianco anziché trasparente a causa delle particelle di grasso sospese in acqua

Effetto Tyndall

È un fenomeno di **diffusione della luce** dovuto alla presenza di particelle, di **dimensioni comparabili a quelle delle lunghezze d'onda della luce incidente**, presenti nei sistemi colloidali (nei fumi e nelle nebbie, nelle emulsioni, ecc.)



il raggio di luce non è visibile se passa attraverso una soluzione vera, lo è quando passa attraverso una dispersione colloidale
(*la luce viene riflessa* dalle particelle disperse *in molte direzioni* e quindi risulta visibile).



La dialisi consiste nella separazione delle particelle di soluto dalle particelle colloidali attraverso l'uso di una membrana semipermeabile, sfruttando la proprietà dei colloidì di non attraversare tali membrane.

Si supponga che una sospensione di amido colloidale e una soluzione di cloruro di sodio vengano messe all'interno di una membrana chiusa di questo tipo, la quale a sua volta viene immersa in un bicchiere con dell'acqua. L'amido è un colloide e non può passare attraverso la membrana, invece il sale è in soluzione e quindi passa attraverso la membrana. Questo è un esempio di diffusione e il sale continuerà a passare attraverso la membrana finché la sua concentrazione all'interno della membrana sarà uguale a quella nell'acqua all'esterno della membrana.

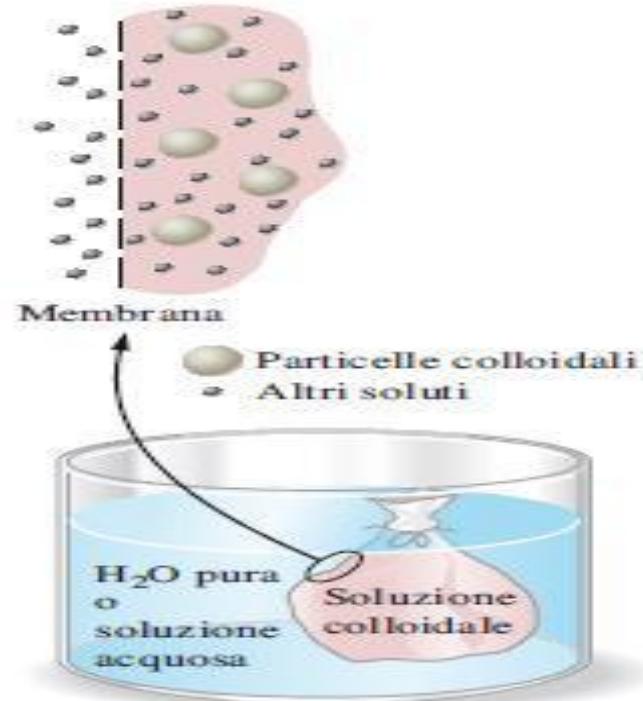
- se tale membrana viene messa in acqua corrente, molto presto tutto il sale sarà rimosso dalla miscela interna alla membrana, nella quale si troverà così solo l'amido: il colloide. Questa è la dialisi: la separazione di un soluto da un colloide mediante una membrana semipermeabile.
- Nell'organismo umano le membrane presenti nel rene permettono ai materiali di rifiuto solubili di passare nelle urine in modo da essere eliminati. Le stesse membrane però non permettono alle proteine di passare attraverso di esse perché sono colloidì. In un adulto di circa 70 kg, circa 180 l di sangue vengono purificati ogni giorno.



SANGUE E DIALISI

Il sangue è una *dispersione colloidale*. Il rene dializza il sangue per eliminare l'eccesso di elettroliti prodotti nel metabolismo. Quando i reni perdono questa capacità → *emodialisi*.

Molecole di acqua, di soluto e ioni discolti passano liberamente attraverso i pori della membrana. La direzione del flusso dipende dalla concentrazione relativa ai due lati della membrana. *Le particelle colloidali non passano.*



EMULSIONI

- Quando due liquidi sono miscelati possono sciogliersi l'uno nell'altro o restare separati. Due liquidi che sono solubili l'uno nell'altro vengono detti miscibili. Due liquidi che non si sciolgono l'uno nell'altro vengono detti immiscibili.

Un'emulsione temporanea, come quella di olio e acqua, si separa nei componenti perché le gocce di olio si attraggono tra di loro per formare gocce sempre più grandi. Si supponga però di dare una carica negativa a ogni goccia di olio. Le goccioline non si attrarranno più e non sedimenteranno e, quindi, andranno a formare **un'emulsione permanente**. Per fare ciò è necessario un agente emulsionante, costituito in genere da un colloide protettivo che riveste le gocce di olio sospese e previene la loro attrazione. Le emulsioni permanenti sono sempre opache e non passano attraverso la carta da filtro e le membrane, ma sono omogenee e non sedimentano.

ESEMPI

Un esempio di emulsione permanente è la maionese, un'emulsione di olio in aceto con albumi d'uovo come agente emulsionante. Il latte è un'emulsione di grassi animali in acqua con la caseina che agisce da emulsionante. Il sapone agisce come agente emulsionante di oli e grassi in acqua. Molti farmaci vengono somministrati sotto forma di emulsioni; la gomma di acacia è il più comune agente emulsionante per la dispersione dei grassi.



CONCETTI CHIAVE

- Le **miscelle liquide** omogenee vengono indicate con il termine soluzioni. Esse sono limpide e omogenee, hanno una composizione variabile, non sedimentano, passano attraverso la carta da filtro e le membrane e possono essere separate nei componenti mediante metodi fisici.
- In una soluzione si identifica sempre **il solvente**, ovvero il composto (liquido) presente in eccesso rispetto agli altri (es. acqua, etanolo, acetone), e **il soluto**, cioè il composto disciolto nel solvente (solido, liquido o gassoso).
- Tra i **fattori che influenzano la solubilità** vi sono **la natura del soluto e del solvente** (simile scioglie simile: polare-polare, es. acqua-NaCl, e apolare-apolare, es. etere etilico-grassi), **la temperatura e la pressione**.
- La **percentuale peso/volume** indica i grammi di soluto presenti in 100 ml di soluzione; la **molarità** di una soluzione indica il numero di moli di soluto presenti in un litro di soluzione.



- La concentrazione degli **elettroliti** nei liquidi corporei viene espressa in milliequivalenti per litro (mEq/l) o in moli per litro (molarità).
- Le proprietà che dipendono dal numero delle particelle (atomi, molecole o ioni) del soluto e non dalla sua natura si definiscono **proprietà colligative**. Esse sono: 1) l'abbassamento della tensione di vapore del solvente, 2) l'abbassamento del punto di congelamento, 3) l'innalzamento del punto di ebollizione, 4) la tendenza del solvente a passare attraverso una membrana semipermeabile da una soluzione ad un'altra (osmosi).
- Quando un soluto non volatile viene sciolto in un solvente, il punto di ebollizione di tale solvente viene innalzato, mentre il suo punto di congelamento viene abbassato.
- Il movimento del soluto all'interno delle soluzioni viene definito **diffusione**. Il flusso di solvente attraverso una membrana semipermeabile viene, invece, chiamato **osmosi**.



Domande di verifica

- Qual è la differenza principale tra una soluzione e una sospensione?
- Perché l'acqua è un solvente polare? Quali altre sostanze polari si sciolgono bene in acqua?
- Come influisce un tensioattivo sulla tensione superficiale? Fornisci un esempio biologico.
- Se una soluzione ha osmolarità = 0,3 osmol/L, cosa significa?
- Spiega il fenomeno dell'osmosi utilizzando il termine "gradiente di concentrazione".
- Quale soluzione usi per una infusione endovenosa e perché?
- Descrivi l'effetto Tyndall e spiega perché il latte appare bianco anziché trasparente.
- Calcola la percentuale peso/volume di una soluzione contenente 7,2 g di NaCl in 800 ml.

