

Le proprietà e le trasformazioni fisiche della materia

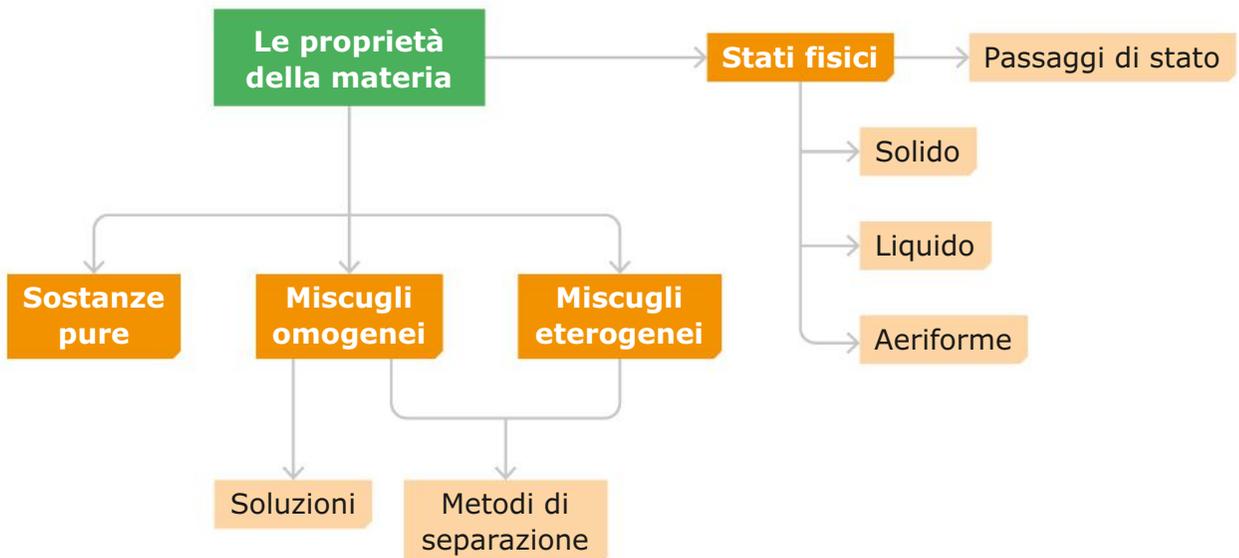


Un **iceberg**, composto di acqua allo stato solido, è una massa di ghiaccio galleggiante capace di percorrere migliaia di chilometri prima di fondere.

©Denis Burdin/Shutterstock

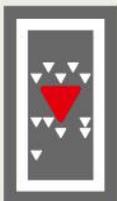
LA MAPPA DEI CONCETTI

Osserva la mappa per avere un'idea di insieme di questo capitolo. Al termine del tuo studio, riguarda la mappa dei concetti ed espandila sul tuo quaderno con ciò che hai imparato.

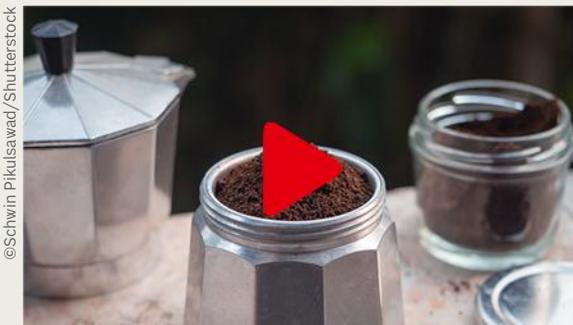


classe

capovolta



GUARDA!



©Schwin Pikulsawad/Shutterstock

Quali trasformazioni fisiche subisce l'acqua all'interno di una moka?

Guarda il video e cerca la risposta alle seguenti domande.

1. Perché, a un certo punto, l'acqua inizia a salire dalla parte inferiore a quella superiore della moka?
2. A che cosa serve la valvola nella parte inferiore della moka?
3. A che cosa è dovuto il classico rumore che ci «avvisa» quando è pronto il caffè?

1 Gli stati fisici della materia

La chimica si occupa dello studio delle proprietà più nascoste della materia e dei suoi cambiamenti. Le porzioni di materia su cui i chimici compiono le loro indagini sono dette *sistemi*.

System

A body of matter under consideration.



States of aggregation

States of aggregation of matter are: solid, liquid and gas.

Un **sistema** è una porzione delimitata di materia.

Un bicchiere d'acqua è un esempio di sistema. L'acqua è diversa dal bicchiere che la contiene; essa è liquida, incolore, inodore. Le parole *liquido*, *incolore*, *inodore* descrivono alcune proprietà dell'acqua. Noi riconosciamo la materia proprio attraverso le sue *proprietà caratteristiche*.

Gli oggetti hanno una massa e occupano uno spazio, ossia hanno un volume. Se esaminiamo alcuni oggetti secondo la loro forma vediamo che la materia può esistere in tre stati fisici diversi, denominati anche *stati di aggregazione della materia*: lo stato **solido**, lo stato **liquido** e lo stato **aeriforme** (gas o vapore) (**Figura 1.1**).

Figura 1.1

Tre esempi di stati di aggregazione della materia:
A fili di rame (stato solido);
B gocce di mercurio (stato liquido);
C iodio gassoso ottenuto dal riscaldamento di cristalli dello stesso elemento (stato aeriforme).



IMPARA CON METODO

Gli stati fisici della materia

→ Stato solido

→ Stato liquido

→

I tre stati di aggregazione dipendono dal tipo di materia, dalla temperatura e dalla pressione. Per esempio, il ghiaccio è un solido e rimane tale soltanto se la temperatura si mantiene sotto 0 °C alla pressione di 1 atm.

I corpi *solidi* hanno una massa, un volume e una forma definiti. I corpi *liquidi* hanno una massa e un volume definiti, come i solidi, ma assumono la forma della parte di recipiente che li contiene. Gli *aeriformi* hanno una massa propria ma si espandono fino a occupare tutto il volume disponibile e ad assumere la forma del recipiente che li contiene. Inoltre gli aeriformi si possono comprimere, mentre i solidi e i liquidi sono, in larga misura, incompressibili (**Tabella 1.1**).

Tabella 1.1 Le proprietà caratteristiche dei tre stati di aggregazione della materia.

	Solidi	Liquidi	Aeriformi
Volume	proprio	proprio	occupano tutto il volume disponibile
Forma	propria	assumono la forma del recipiente	assumono la forma del recipiente
Densità	alta	media	bassa
Effetto della pressione	incompressibili (a pressioni non elevate)	incompressibili (a pressioni non elevate)	compressibili

FAI IL PUNTO

1. Quali sono i tre stati fisici della materia?
2. Come si comporta un corpo allo stato liquido in relazione a forma e volume?

2 I sistemi omogenei ed eterogenei

La materia può essere distinta in *omogenea* ed *eterogenea*. Per esempio, l'acqua contenuta in un bicchiere è visibilmente uniforme: ogni sua piccola parte ha lo stesso colore e la stessa densità di qualsiasi altra. Dato che tutte le parti dell'acqua hanno le stesse proprietà intensive, non sono distinguibili l'una dall'altra e sono fisicamente delimitate dal bicchiere, diremo che il sistema è costituito da una sola *fase*.

Si dice **fase** una porzione di materia, fisicamente distinguibile e delimitata, che ha proprietà intensive uniformi.

Se versiamo nel bicchiere di acqua alcuni cucchiaini di olio, poiché quest'ultimo è un liquido che non si scioglie in acqua, vedremo due strati liquidi: l'acqua sotto e l'olio sopra (Figura 1.2). La materia contenuta nel bicchiere non è più uniforme.

In uno dei due strati avremo le proprietà intensive dell'acqua (colore, densità ecc.) e nell'altro quelle dell'olio (colore, densità ecc.). Diremo quindi che il contenuto del bicchiere è costituito da due distinte fasi, cioè che il sistema è eterogeneo.

Un sistema costituito da una sola fase è detto **omogeneo**; un sistema costituito da due o più fasi è detto **eterogeneo**.



© Denis Burdin/Shutterstock

Figura 1.2

L'olio è un liquido che non si scioglie in acqua.

FAI IL PUNTO

1. Che cos'è una fase?
2. Che cosa si intende per sistema eterogeneo?

PENSA SOSTENIBILE

La separazione dei rifiuti

Il **riciclaggio** dei rifiuti consente di recuperare diversi tipi di materiali, composti e sostanze affinché possano essere riutilizzati più volte. La lista di ciò che può essere riciclato è lunga e comprende non soltanto carta, plastica e vetro ma anche acciaio, pneumatici e materiale organico.

I rifiuti, sebbene vengano suddivisi tramite la raccolta differenziata, prima di subire i processi industriali del riciclaggio vero e proprio devono essere ulteriormente **smistati** e selezionati, in modo da completare e migliorare il lavoro svolto dai cittadini e cittadine. Per effettuare la separazione vengono sfruttate sia le diverse proprietà dei materiali da dividere sia alcune tecnologie capaci di operare un'accurata selezione. I rifiuti differenziati vengono quindi trattati come dei **sistemi di tipo eterogeneo**, all'interno dei quali sono presenti diverse fasi da separare.

In molti casi è utile sfruttare le proprietà specifiche dei materiali. Quelli ferrosi, per esempio, vengono separati dal resto dei rifiuti grazie a dei macchinari provvisti di magneti, capaci di attrarre frammenti di ferro. Per materiali differenti vengono sfruttate altre proprietà, come la conducibilità elettrica oppure la massa. Spesso

la separazione è basata anche sulle dimensioni dei rifiuti: un'operazione necessaria per agire su frammenti della medesima grandezza. Infine, gli impianti di smistamento sono spesso dotati di selezionatrici ottiche, cioè macchine capaci di effettuare una suddivisione molto precisa basata su alcune caratteristiche dei materiali che esaminano (colore, forma ecc.). Benché la tecnologia abbia reso l'intero processo rapido ed efficace, in molti casi è ancora necessaria una selezione finale portata a termine da alcuni operatori, che eliminano dalla massa già lavorata ciò che è sfuggito durante la prima parte dello smistamento.

Anche i materiali organici, la frazione «umida» della differenziata, devono essere lavorati prima di venire effettivamente trasformati in **biogas** (un carburante) e in **compost** (un fertilizzante da impiegare in agricoltura). Gli impianti di trattamento rimuovono i frammenti metallici e dividono i residui solidi dal liquido tramite una filtrazione.

Oltre a ridurre la quantità di rifiuti smaltiti in discarica o inceneriti, i diversi processi di riciclo limitano il ricorso alla materia vergine di partenza, facilitando così la **conservazione delle risorse naturali** e degli ecosistemi terrestri.



3 Le sostanze pure e i miscugli

La materia può anche essere suddivisa in due categorie: le **sostanze pure** e i **miscugli**. Entrambi possono essere a loro volta *omogenei* o *eterogenei*.

Le sostanze pure

Secondo il linguaggio comune, l'acqua potabile, il latte e l'aria che respiriamo in alta montagna sono puri; quindi, il termine «puro» è sinonimo di «non contaminato». In chimica, questo aggettivo assume un significato più preciso. Quando il chimico afferma che un corpo è puro vuol dire che esso è formato da una sola sostanza.

Una **sostanza pura** (o sostanza) è una porzione di materia che possiede proprietà caratteristiche e ha una composizione chimica costante.

Un sistema formato da una singola sostanza viene detto **puro**. Possiamo considerare l'acqua distillata un sistema puro mentre l'acqua di rubinetto non lo è, perché vi sono disciolte altre sostanze; infatti sul fondo del recipiente che la contiene, dopo la vaporizzazione, rimane un residuo bianco, i sali minerali che prima erano in soluzione. Tuttavia, le impurezze non sono sempre indesiderabili: il silicio, un semiconduttore usato nei circuiti elettronici, è puro al 99,9999% ma le sue proprietà sono dovute proprio alle impurezze che contiene.

I sistemi che esamineremo possono essere costituiti da una sola sostanza oppure da più sostanze. Un sistema formato da una sola sostanza può essere **omogeneo** oppure **eterogeneo**. L'acqua distillata allo stato liquido è un esempio di sistema omogeneo (**Figura 1.3A**). Se si raffredda il sistema fino a 0 °C, l'acqua distillata in parte passa allo stato solido (ghiaccio) e in parte rimane liquida; si ottiene così un sistema *fisicamente eterogeneo*. Anche se è costituito da una sola sostanza e quindi è *chimicamente omogeneo*, il sistema presenta *due fasi distinte* (**Figura 1.3B**).

 Per saperne di più
Le impurezze intorno a noi

Substance

A form of matter that has constant chemical composition and characteristic properties (it cannot be separated into its simpler constituents without breaking chemical bonds).



Figura 1.3

- A** Un sistema chimicamente e fisicamente omogeneo (acqua allo stato liquido).
- B** Un sistema chimicamente omogeneo (acqua) e fisicamente eterogeneo (presenza di due stati, liquido e solido).



I miscugli

I sistemi costituiti da due o più sostanze sono i **miscugli** (o **miscele**); anche i miscugli possono essere omogenei o eterogenei (**Tabella 1.2**).

Se prendiamo del sale da cucina e lo sciogliamo completamente in acqua, abbiamo un **miscuglio omogeneo**. I grani di sale, infatti, non sono più visibili neanche al microscopio e tutte le zone del miscuglio hanno le

Tabella 1.2 Definizione ed esempi di sistemi omogenei ed eterogenei.

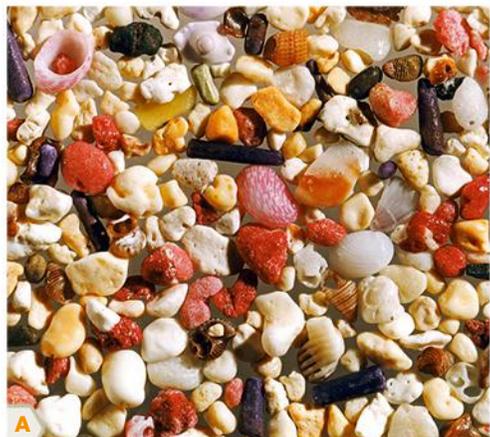
	Definizione	Sostanza	Miscuglio
Sistema omogeneo	è costituito da una sola fase	acqua pura, oro puro, cloruro di sodio puro	acqua di rubinetto, sale marino, acciaio
Sistema eterogeneo	è costituito da due o più fasi	acqua pura e ghiaccio	acqua e sabbia, legno, granito, latte, marmo, sabbia, fumo, nebbia

stesse proprietà intensive, cioè costituiscono *una singola fase*. Anche acqua e alcol formano un miscuglio omogeneo. Ai miscugli omogenei diamo il nome di *soluzioni*.

Un **miscuglio omogeneo** di due o più sostanze è chiamato **soluzione**. Il componente più abbondante del miscuglio è il **solvente**, mentre i componenti meno abbondanti si chiamano **soluti**.

Le soluzioni non sono soltanto liquide, come acqua e sale oppure acqua e zucchero. Esistono anche soluzioni gassose: l'aria che respiriamo è un miscuglio omogeneo di azoto, ossigeno e altri gas in percentuale minore. L'acciaio, il bronzo e le altre leghe metalliche sono invece esempi di soluzioni solide (**Figura 1.4**).

Nei **miscugli eterogenei** le differenti fasi sono visibili a occhio nudo o al microscopio. I grani di sabbia, per esempio, sembrano avere tutti la stessa composizione, ma con una semplice lente di ingrandimento è possibile stabilire la natura eterogenea di un campione di sabbia (**Figura 1.5A**); invece, quando versiamo l'acqua gassata in un bicchiere, la fase liquida e la fase aeriforme si distinguono immediatamente (**Figura 1.5B**).

**Figura 1.4**

- A** Le lenti a contatto si conservano immerse in una soluzione salina.
- B** L'acciaio è una lega composta principalmente da ferro e carbonio. Alcuni acciai per la loro lucentezza e resistenza alla corrosione vengono usati in gioielleria.

Figura 1.5

- A** Un campione di sabbia ingrandito al microscopio ottico.
- B** Acqua gassata.

Un **miscuglio eterogeneo** è costituito da componenti chimicamente definiti e da fasi fisicamente distinguibili.

I materiali a noi noti, per la maggior parte, non sono sostanze singole ma miscugli più o meno complessi di sostanze diverse.

In alcuni casi, distinguere le fasi di un miscuglio eterogeneo non è affatto semplice. È il caso del latte, liquido che sembra omogeneo, ma in realtà non lo è. Utilizzando un microscopio ottico è possibile distinguere microscopiche particelle di grasso immerse in un liquido incolore. Per questo motivo, il latte è un miscuglio eterogeneo.

Miscugli eterogenei tra fasi differenti

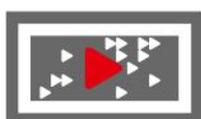
I miscugli eterogenei possono presentare aspetti molto diversi al variare dello stato di aggregazione delle sostanze che li compongono (Figura 1.6). La **schiuma** è un tipico esempio di miscuglio costituito dalla dispersione di un gas in un liquido. Una soluzione saponosa si trasforma in schiuma insufflando aria con una cannucchia; allo stesso modo, la panna montata si forma incorporando una certa quantità d'aria.

La **nebbia** è un miscuglio eterogeneo acqua-aria, formato da minuscole goccioline d'acqua disperse e sospese nell'aria, come nelle nubi, mentre il **fumo** è un miscuglio eterogeneo di un solido in un gas. Il termine «smog», una miscela di fumo e nebbia nociva per la salute, deriva dalle parole inglesi *smoke* (fumo) e *fog* (nebbia).

L'**emulsione** è un miscuglio eterogeneo tra due o più liquidi immiscibili tra loro; agitandoli energicamente si formano minuscole goccioline difficilmente separabili. La maionese è un esempio di emulsione, ottenuta agitando olio e tuorlo d'uovo.

Figura 1.6

- A** La concentrazione delle polveri sottili (PM_{2,5}) è un indice dell'inquinamento atmosferico.
- B** Il gelato è un'emulsione e una schiuma insieme. La parte grassa (panna, latte o uova) è miscelata con una soluzione acquosa (zuccheri e aromi).
- C** Le vernici per il legno sono emulsioni in cui i pigmenti e le resine acriliche sono dispersi in un solvente acquoso.



GUARDA!

Video
Che cos'è l'effetto Tyndall e dove si osserva?



Figura 1.7

Effetto Tyndall dei raggi del Sole.

I colloidi sono miscugli speciali

Esiste inoltre una classe di materiali che ha caratteristiche intermedie tra miscugli omogenei ed eterogenei, i **colloidi**, i quali contengono particelle con un diametro compreso tra 10^{-9} e 10^{-6} cm disperse in un solvente.

Quando un raggio di luce attraversa i colloidi viene deviato dalla fase dispersa e compare una luminosità diffusa (*effetto Tyndall*, Figura 1.7).

I colloidi si formano quando una sostanza solida, liquida o gassosa si combina con un liquido. Se la fase disperdente è liquida o gassosa vengono detti *sol*, se invece è presente in quantità maggiore la fase solida sono detti *gel*. Le emulsioni, costituite dalla combinazione di due liquidi immiscibili, sono dunque colloidi.

Sono molto importanti a livello biologico e sono molto utilizzati nei processi industriali. Sono esempi di colloidi: vetro colorato, dentifricio, latte, sangue, maionese, albume e tuorlo d'uovo, citoplasma delle cellule.

FAI IL PUNTO

1. Dai una definizione di soluzione, soluto e solvente.
2. Svolgi una breve ricerca online ed elenca alcuni miscugli eterogenei tra fasi differenti, simili alla schiuma, alla nebbia e alle emulsioni.

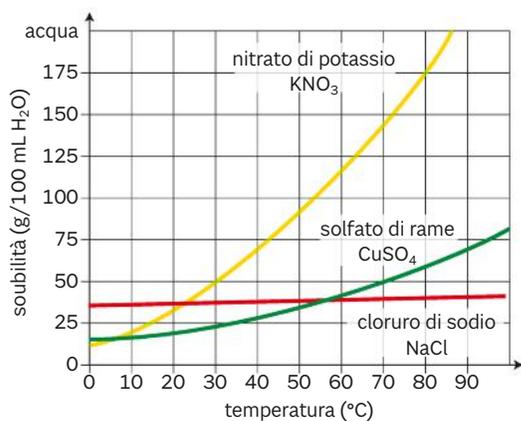
4 La solubilità

Se versiamo un cucchiaino di zucchero in un bicchiere di acqua e mescoliamo, otteniamo un miscuglio omogeneo; non riusciamo più a distinguere i cristalli di zucchero e la soluzione è dolce in modo uniforme. Continuiamo ad aggiungere zucchero e a mescolare: a un certo punto l'acqua non sarà più in grado di sciogliere il soluto che rimarrà indisciolto nel bicchiere, formando il *corpo di fondo*. La soluzione è **saturo**, contiene cioè la quantità massima possibile di soluto (**Figura 1.8**).

La **solubilità** è la quantità massima di soluto che si può sciogliere in una determinata quantità di solvente a una certa temperatura.

La solubilità varia da sostanza a sostanza e dipende dalle proprietà del soluto e del solvente: la benzina non è solubile in acqua ma forma una soluzione con l'olio.

Un altro fattore che influenza la solubilità è la temperatura. Nella maggioranza dei casi, la solubilità dei solidi e dei liquidi aumenta all'aumentare della temperatura, ma esistono eccezioni a questa regola. Per esempio, la temperatura non ha alcun effetto sulla solubilità del sale da cucina, il cloruro di sodio. Al contrario, l'aumento della temperatura di un liquido come l'acqua provoca un incremento della solubilità dello zucchero che ci sciogliamo dentro. Anche la solubilità di sali come il solfato di rame, che in alcune formulazioni e con l'aggiunta di additivi viene utilizzato come fungicida, e il nitrato di potassio, impiegato come fertilizzante e come conservante alimentare, subisce un importante aumento al crescere della temperatura (**Figura 1.9**).



I gas invece sono più solubili a basse temperature e alte pressioni. Una bevanda gassata, cioè che contiene disciolto un gas, l'anidride carbonica (o diossido di carbonio), perde velocemente l'effervescenza se viene lasciata aperta e fuori dal frigorifero!

FAI IL PUNTO

1. Che cosa si intende per solubilità di una sostanza?
2. Quando una soluzione può essere definita saturo?
3. Osserva il grafico in Figura 1.9 e stabilisci qual è la sostanza più solubile a 10 °C tra quelle rappresentate.

Solubility

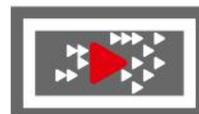
The maximum amount of solute that will dissolve in a specific amount of solvent under stated conditions.



©Carlo Gardini, Parma

Figura 1.8

Una soluzione saturo di zucchero.



GUARDA!

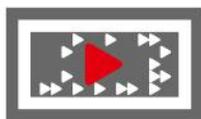
Videoripasso di matematica

- Costruire un grafico cartesiano
- La parabola

Figura 1.9

Andamento della solubilità in funzione della temperatura per alcune sostanze.

5 La concentrazione delle soluzioni



GUARDA!



Video

- Come è fatta una soluzione?
- Come si prepara una soluzione?

Figura 1.10

Una soluzione più concentrata (A) contiene una maggiore quantità di soluto nell'unità di volume rispetto a una più diluita (B).



©Andrew Lambert Photography/Science Photo Library/AGF

Concentration of a solution



A measure of the amount of solute that has been dissolved in a given amount of solvent or solution.

I due termini hanno però un significato poco preciso. In chimica, invece, è necessario definire in modo rigoroso la concentrazione delle soluzioni.

La **concentrazione di una soluzione** è il rapporto tra la quantità di soluto e la quantità di soluzione (o di solvente) in cui il soluto è disciolto.

La determinazione della concentrazione permette di confrontare soluzioni con volumi diversi.

Prendiamo in esame due soluzioni: la prima contiene 1,2 g di sale da cucina in 100 mL di soluzione, la seconda 4,5 g in 0,50 L. Quale delle due sarà più salata? La concentrazione, in grammi per litro (g/L), della prima soluzione è 12 g/L (1,2 g/0,100 L), mentre per la seconda otteniamo un valore di 9,0 g/L (4,5 g/0,50 L). Quindi la prima soluzione è più salata.

L'acqua di mare contiene diversi sali disciolti. Calcolandone la concentrazione, è possibile ottenere uno dei parametri più importanti per classificare le acque di mari e oceani: la salinità.

In media, la salinità dell'acqua di mare ha un valore di circa 35 g/L, ma esistono delle eccezioni. Le acque più fredde, come quelle polari, hanno salinità più bassa rispetto a quelle calde. Il record spetta al Mar Morto, la cui salinità supera i 300 g/L (Figura 1.11). È proprio a causa di un valore tanto elevato che nel Mar Morto la vita è presente soltanto sotto forma di alghe, batteri e funghi.

©Maybebee/Shutterstock



Figura 1.11

L'elevata salinità del Mar Morto dà origine a spettacolari formazioni di sale sulle rocce.

FAI IL PUNTO

1. Che cos'è la concentrazione di una soluzione?
2. Nelle regioni polari, dove le precipitazioni sono abbondanti, la salinità del mare è minore. Prova a spiegarne il motivo.

6 Le concentrazioni percentuali

La concentrazione delle soluzioni si può esprimere in diversi modi.

1. La **concentrazione percentuale in massa** (% m/m) indica la quantità di soluto, espresso in grammi, sciolta in 100 g di soluzione (Figura 1.12):

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



Figura 1.12

| Preparazione di una soluzione al 15% m/m di NaCl in acqua.

SEGUI L'ESEMPIO

Calcola la concentrazione % m/m di una soluzione ottenuta sciogliendo 23 g di idrossido di sodio, NaOH, in 150 g di acqua.

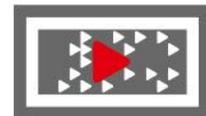
SOLUZIONE

Conosciamo la massa del soluto (23 g) e la massa del solvente (150 g). Calcoliamo la massa della soluzione:

$$m_{\text{soluzione}} = m_{\text{soluto}} + m_{\text{solvente}} = 23 \text{ g} + 150 \text{ g} = 173 \text{ g}$$

Applichiamo ora la formula:

$$\% m/m = \frac{m_{\text{soluto}} (\text{g})}{m_{\text{soluzione}} (\text{g})} \cdot 100 = \frac{23 \text{ g}}{173 \text{ g}} \times 100 = 13\% m/m$$



GUARDA!

- Videoripasso di matematica
- Calcolare una percentuale
 - Risolvere una proporzione

2. La **concentrazione percentuale massa su volume** (% m/V) è la quantità di soluto in grammi sciolta in 100 mL di soluzione:

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

Per esempio, una soluzione al 30% m/V contiene 30 g di soluto in 100 mL di soluzione. Moltiplicando per 10 tale concentrazione otteniamo i grammi di soluto in 1 L di soluzione (g/L).

La salinità, di cui abbiamo parlato nel paragrafo precedente, si può calcolare con questa formula ed esprimere in percentuale. Se il valore medio per l'acqua di mare è di 35 g/L, la salinità, espressa in percentuale, sarà del 3,5%. Tramite l'utilizzo della percentuale è possibile avere un'idea più immediata di quanto soluto è presente nella soluzione.

IMPARA CON METODO

Le concentrazioni percentuali

 Percentuale in massa

 Percentuale massa su volume

 Percentuale in volume
 % V/V

SEGUI L'ESEMPIO

Determina la massa di cloruro di sodio, NaCl, necessaria per preparare 250 mL di una soluzione con una concentrazione del 7,6% m/V.

SOLUZIONE

Applichiamo la formula inversa per determinare la massa di soluto:

$$m_{\text{soluto}} = \frac{\% m/V \cdot V_{\text{soluzione}}}{100} = \frac{7,6\% \text{ g/mL} \times 250 \text{ mL}}{100} = 19 \text{ g}$$

Possiamo risolvere il problema anche ricorrendo alle proporzioni. Una soluzione al 7,6% m/V contiene 7,6 g in 100 mL, quindi:

$$7,6 \text{ g} : 100 \text{ mL} = x : 250 \text{ mL} \quad x = \frac{7,6 \text{ g} \times 250 \text{ mL}}{100 \text{ mL}} = 19 \text{ g}$$

3. La **concentrazione percentuale in volume** (% V/V) è il volume di soluto, espresso in millilitri, sciolto in 100 mL di soluzione:

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

Questo metodo è usato per esprimere la concentrazione di alcol etilico nelle bevande alcoliche, per esempio nel vino. Se in etichetta leggiamo che il vino ha 12° (gradi alcolici), significa che la concentrazione percentuale in volume dell'alcol etilico è pari al 12% V/V: quindi in 100 mL di vino sono disciolti 12 mL di alcol.

► La densità delle soluzioni

Conoscendo la densità di una soluzione, è possibile passare dalla concentrazione percentuale in massa alla concentrazione percentuale massa su volume e viceversa:

$$\% m/V = \% m/m \cdot d$$

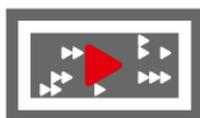
Quando sciogliamo una sostanza solida in un solvente liquido la densità della soluzione è più alta di quella del solvente: aumentando la concentrazione di un soluto solido, la densità aumenta.

Una soluzione formata da due sostanze liquide, come acqua e alcol, ha, invece, una densità intermedia rispetto a quella delle sostanze pure che la formano.

La densità dell'alcol è inferiore a quella dell'acqua e questo spiega perché i cubetti di ghiaccio, che galleggiano in acqua, possano andare a fondo in un bicchiere di superalcolico, cioè in una soluzione dove la percentuale di alcol può arrivare a superare il 50%.

FAI IL PUNTO

1. Quale grandezza è necessario conoscere per calcolare la concentrazione percentuale in massa a partire da quella in massa su volume e viceversa?
2. Svolgendo una breve ricerca online, elenca la concentrazione percentuale in volume di alcol etilico nelle seguenti bevande: birra analcolica, liquore alla ciliegia e grappa.



GUARDA!



Video
 Che cosa influenza la densità delle soluzioni?

Videoripasso di matematica
 Ricavare una formula inversa

7 Da uno stato di aggregazione all'altro

Le sostanze e i materiali possono passare, per effetto delle variazioni di temperatura, da uno stato fisico a un altro attraverso i **passaggi di stato**.

Come nel caso delle soluzioni, puoi osservare quotidianamente anche i passaggi di stato: per esempio, le goccioline che si formano sul vetro freddo di una finestra, la «nebbia» artificiale che vedi durante un concerto musicale o il «fumo» che esce da una tazza di caffè bollente.

Nella **Figura 1.13** sono riportati tutti i possibili passaggi di stato.

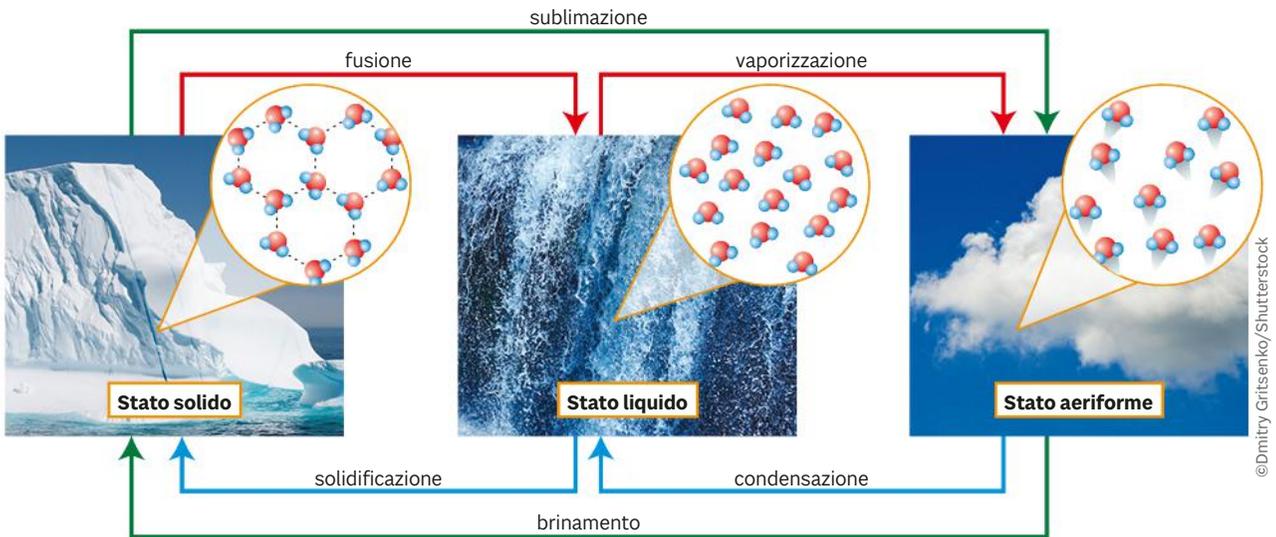


Figura 1.13

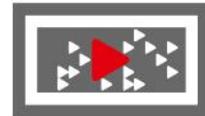
Schema dei passaggi di stato: una sostanza può passare da uno stato di aggregazione all'altro.

Alla temperatura di 0 °C un cubetto di ghiaccio (solido) si trasforma in acqua (liquido); questo passaggio è chiamato **fusione**. All'aumentare della temperatura l'acqua diventa vapore; il passaggio di stato dalla fase liquida a quella di vapore è chiamato **vaporizzazione**.

Alcune sostanze solide, per riscaldamento, si possono trasformare direttamente in vapore senza passare per lo stato liquido. Questo processo è denominato **sublimazione**. Il ghiaccio secco, adoperato per ottenere la nebbia sul palco, è anidride carbonica (diossido di carbonio) in forma solida che, a temperatura ambiente, passa direttamente alla fase aeriforme.

Al diminuire della temperatura, i passaggi di stato avvengono in senso inverso. I gas possono trasformarsi direttamente in solidi per un fenomeno detto **brinamento**, che si verifica quando il vapore acqueo contenuto nell'aria si tramuta in minuscole formazioni di ghiaccio. La brina si deposita su prati, alberi e oggetti esposti all'aria durante le notti fredde.

Il passaggio dallo stato aeriforme a quello liquido per raffreddamento è detto **condensazione** e il passaggio dallo stato liquido a quello solido **solidificazione**. Il termine condensa indica il liquido che si forma quando avviene una condensazione: le goccioline di acqua che ricoprono la superficie di una bottiglia contenente una bevanda fredda sono segno dell'avvenuto passaggio di stato. La solidificazione può causare problemi per via dell'aumento di volume che comporta; per esempio, se l'acqua solidifica nelle tubature durante l'inverno, può provocarne la rottura.



GUARDA!

Video

- Perché si verificano i passaggi di stato?
- Come avvengono i passaggi di stato?
- Qual è la descrizione molecolare dei passaggi di stato dell'acqua?

IMPARA CON METODO

I passaggi di stato (t crescente)

Fusione

Vaporizzazione

.....

I passaggi di stato (t decrescente)

Solidificazione

.....

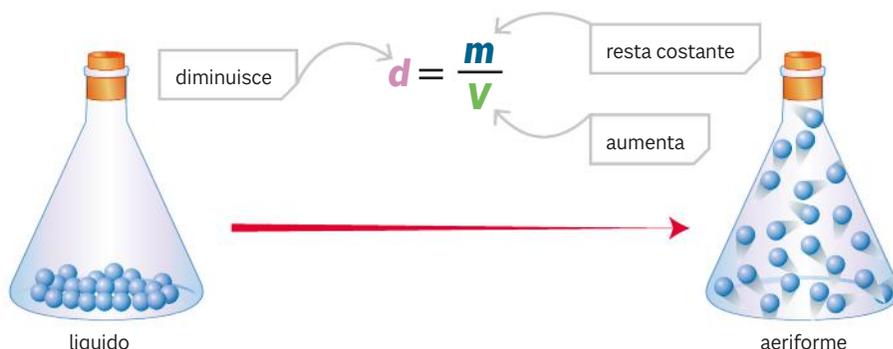
.....

I passaggi di stato e la densità

Consideriamo un materiale che passa dallo stato liquido allo stato aeriforme: il gas tende a occupare tutto lo spazio disponibile mentre la massa resta costante. Di conseguenza, la densità diminuisce (Figura 1.14).

Figura 1.14

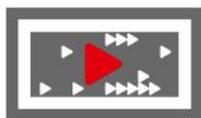
Nel passaggio da liquido ad aeriforme, il volume aumenta e la densità diminuisce.



La **Tabella 1.3** riporta l'esempio dell'acqua distillata e del vapore acqueo.

Tabella 1.3 Valori di densità dell'acqua allo stato solido, liquido e aeriforme.

Materiale	Ghiaccio (0 °C)	Acqua distillata (20 °C)	Vapore acqueo (100 °C)
Densità (g/cm ³)	0,917	0,998	0,0060



GUARDA!



Video

- Come si comporta il ghiaccio nell'olio?
- Come si comportano liquidi di diversa densità?

Nel passaggio dallo stato liquido allo stato solido, invece, si verifica una piccola diminuzione del volume e quindi un piccolo aumento della densità. L'acqua costituisce un'importante eccezione: il volume allo stato solido (ghiaccio), infatti, è maggiore del volume della stessa quantità d'acqua allo stato liquido (Tabella 1.3). Di conseguenza, la densità del ghiaccio è minore di quella dell'acqua. Invece, lo stato solido di gran parte delle sostanze note ha sempre una *maggiore densità* del corrispondente stato liquido.

Insomma, il solido di una determinata sostanza non galleggia, come invece avviene con l'acqua, ma affonda nella fase liquida della stessa sostanza (Figura 1.15).

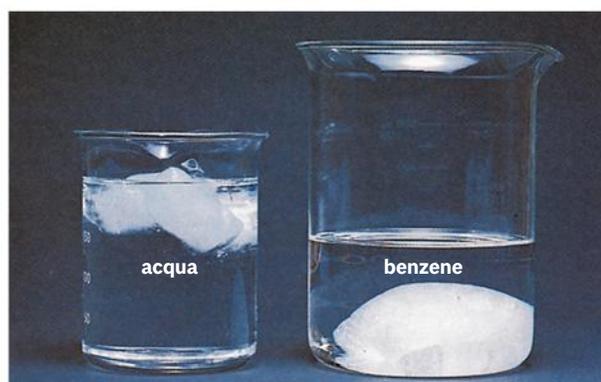


Figura 1.15

Il ghiaccio è meno denso dell'acqua e quindi galleggia; il benzene solido è più denso di quello liquido, nel quale affonda.

FAI IL PUNTO

1. Come si chiamano i passaggi di stato che portano un corpo dallo stato liquido a quello gassoso e viceversa?
2. Partendo dal concetto di densità, spiega perché grandi masse di ghiaccio come gli iceberg galleggiano.

8 I principali metodi di separazione dei miscugli

Separare i componenti di un miscuglio può essere un'attività impegnativa, specialmente se si tratta dei componenti di un miscuglio omogeneo.

L'operazione è più facile con i miscugli eterogenei. Per separare i miscugli eterogenei si usano filtrazione, centrifugazione ed estrazione. Per quelli omogenei si utilizzano cromatografia e distillazione.

► Filtrazione

Con l'uso di opportuni **filtri** è possibile separare particelle solide più o meno grandi da miscugli liquidi e gassosi. Per i miscugli liquidi si usano filtri di carta arrotolati da cui il liquido scende *per gravità* verso il basso, lasciando sul filtro la parte solida (**Figura 1.16**). Con questa tecnica è possibile separare la sabbia da un miscuglio eterogeneo acqua-sabbia.

La filtrazione è impiegata per separare l'acqua dai fanghi prodotti nella depurazione delle acque di scarico. Nei condizionatori un apposito filtro serve a trattenere le polveri dell'aria in entrata.

► Centrifugazione

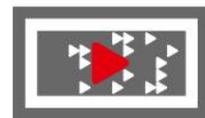
I miscugli eterogenei di liquidi e/o solidi, aventi densità diverse, possono essere separati *per stratificazione* (*decantazione* o *sedimentazione*) dei componenti uno sull'altro (**Figura 1.17A-B**). Con questo metodo meccanico le particelle della sostanza più densa, per azione della forza di gravità, si depositano spontaneamente sul fondo del recipiente. La **centrifuga** è un dispositivo che fornisce accelerazioni superiori a quella di gravità, consentendo una stratificazione più rapida.

In passato l'olio d'oliva, dopo la spremitura, si separava dall'acqua per decantazione in vasi di terracotta. Attualmente, per ottenere lo stesso risultato, si impiega la centrifuga. In biologia le centrifughe sono largamente utilizzate per separare i componenti delle cellule viventi (**Figura 1.17C**).

Da un miscuglio di materiale cellulare centrifugato si ottengono due frazioni: il materiale compatto che resta sul fondo prende il nome di *pellet*, mentre tutto ciò che rimane in sospensione è detto *surnatante*.



Figura 1.16
Apparecchiatura per la filtrazione.



GUARDA!

Video
Come si filtra un miscuglio solido-liquido?

Figura 1.17

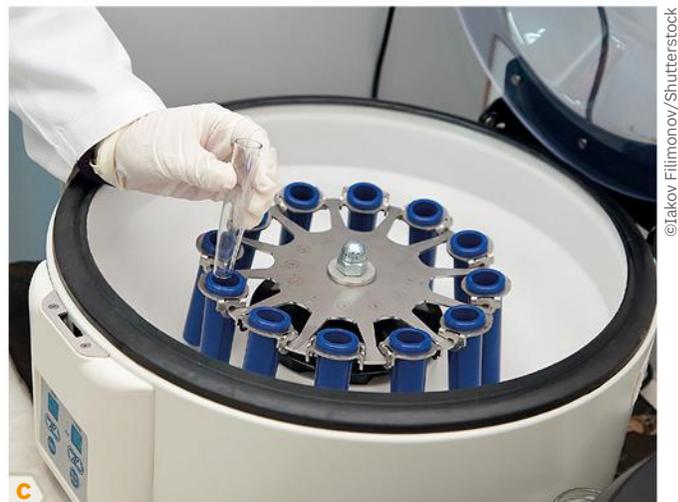
- A** Separazione di acqua e sabbia mediante decantazione.
- B** Separazione di due liquidi immiscibili mediante imbuto separatore.
- C** Una centrifuga.



©Carlo Gardini, Parma



©Carlo Gardini, Parma



©Iakov Filimonov/Shutterstock

©photomaster/Shutterstock



Figura 1.18

L'acqua calda estrae le sostanze solubili contenute nelle foglie di tè.

► Estrazione

Se un componente di un miscuglio è solubile in un dato liquido (solvente) può essere allontanato dal miscuglio. Il sistema è basato sulla capacità del solvente di sciogliere solo quello specifico componente del miscuglio. I pigmenti verdi delle foglie e quelli arancione della carota, per esempio, possono essere *estratti* con etere di petrolio. La preparazione di tè e caffè è legata all'*estrazione selettiva* di alcuni componenti mediante acqua; il miscuglio eterogeneo ottenuto viene poi filtrato (**Figura 1.18**).

► Cromatografia

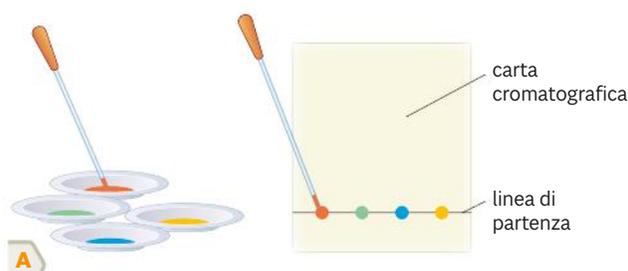
La **cromatografia** è la più versatile fra le tecniche di separazione: è simile all'estrazione, ma è molto più efficace. Il solvente, che si chiama *fase mobile* o *eluente*, trasporta i componenti del miscuglio attraverso una fase fissa che li trattiene selettivamente.

Nella **cromatografia su strato sottile** la fase fissa è costituita da un sottile strato di materiale inerte (silice o allumina), fissato su una lamina di alluminio. Nella **cromatografia su carta**, invece, la separazione dei componenti di un miscuglio, deposto sulla carta sotto forma di macchia, è provocata dalla fase mobile. Il solvente si muove attraverso la fase fissa per azione capillare: le diverse sostanze del miscuglio si muovono a velocità diverse e si separano (**Figura 1.19**).

1. Prelevare un po' di soluzione colorata con una pipetta.

2. Deporre macchie di colore da 2-3 mm di diametro ben allineate e a 1 cm dal fondo.

3. Inserire la carta in un becher contenente poca acqua; essa non deve entrare a contatto diretto con le macchie di colore. Lasciar salire l'acqua per capillarità per 15 min.



©Carlo Gardini, Parma

Figura 1.19

A Separazione di coloranti mediante cromatografia su carta.

B Separazione mediante cromatografia su carta di inchiostri neri di penna a sfera. Ognuno è in realtà un miscuglio di sostanze colorate. Per separare i pigmenti è stato usato il seguente solvente: alcol butilico (6 mL); alcol etilico (2,5 mL); acqua (1,5 mL); acido acetico (1 goccia).

Le tecniche strumentali cromatografiche più note sono la **gascromatografia** e la **cromatografia liquida ad alta risoluzione (HPLC, High Performance Liquid Chromatography)**: la prima utilizza come solvente di trasporto un gas, la seconda un liquido ad alta pressione.

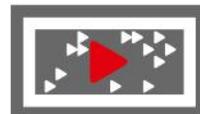
► Distillazione

La **distillazione** è il metodo migliore per la purificazione dei liquidi e si basa sulla diversa *volatilità* dei componenti delle miscele liquide. La volatilità rappresenta la tendenza a evaporare, ed è più alta per i liquidi che bollono a bassa temperatura.

La distillazione riunisce in sé due passaggi di stato: la **vaporizzazione** e la **condensazione**. Il primo avviene nel recipiente in cui la miscela bolle; il secondo interessa i vapori, che condensano all'interno dell'apparecchiatura con acqua fredda.

Il dispositivo all'interno del quale avviene la condensazione si chiama *refrigerante* (Figura 1.20).

I vapori di una miscela che bolle sono più ricchi del componente che possiede la maggior volatilità. La condensazione di tali vapori comporta un grado più o meno elevato di purificazione. Nel caso della distillazione di una soluzione contenente sali disciolti, che in genere non sono volatili, la separazione dal solvente è completa. La distillazione è usata, per esempio, per ottenere acqua «distillata», ovvero priva di sali disciolti.



GUARDA!

Video

- Come si ottiene l'acqua distillata?
- Che cosa si ottiene distillando una soluzione?

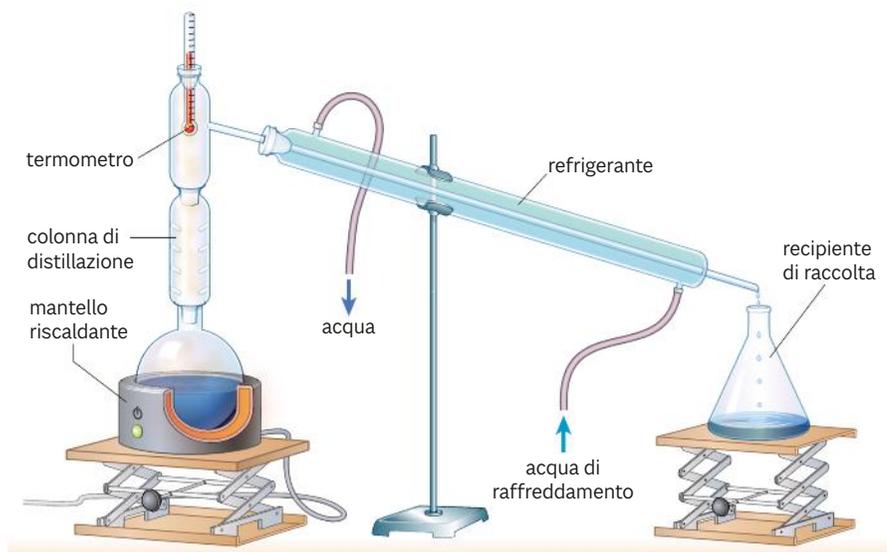


Figura 1.20

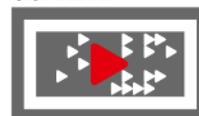
Apparecchiatura per la distillazione.

FAI IL PUNTO

1. Indica almeno tre miscugli da cui è possibile separare particelle solide mediante filtrazione.
2. Svolgi una breve ricerca online e spiega in che modo può essere ottenuta l'acqua distillata in un laboratorio di chimica.

IL CAPITOLO PER CONCETTI

1. Parti dalla mappa dei concetti di inizio capitolo ed espandila sul tuo quaderno in base a quello che hai studiato.
2. Completa il testo seguente.
 - Un sistema è una porzione delimitata di
 - Un sistema è considerato puro quando è formato da
 - I sistemi formati da due o più sostanze sono
 - Un miscuglio omogeneo di due o più sostanze è chiamato
 - La solubilità è la quantità massima di che si può sciogliere in una determinata quantità di a una certa
 - Il rapporto tra la quantità di e la quantità di solvente (o di) è la
 - La concentrazione percentuale % m/m indica la quantità di soluto, espressa in, sciolta in
 - La concentrazione percentuale % m/V è la quantità di soluto, espressa in, sciolta in
 - La concentrazione percentuale % V/V è il volume di soluto, espresso in, sciolto in
 - La densità di una soluzione, la % m/V e la % m/m sono collegate dalla seguente formula:
..... = ×
 - Le sostanze possono passare, per effetto della variazione di, da uno stato fisico a un altro attraverso i
 - La densità della maggior parte delle sostanze che passano dallo stato liquido a quello solido, fa eccezione la cui densità invece



QUESITI E PROBLEMI

1. Gli stati fisici della materia

- C** Quale stato della materia è caratterizzato da forma e volume indefiniti?
- C** Quale stato della materia possiede una forma propria?
- C** Quale stato della materia è caratterizzato da incomprimibilità e forma indefinita?
- A** Costruisci una tabella che riassume le caratteristiche degli stati fisici della materia, con esempi per ciascuno di essi.
- C** L'alcol etilico fonde a 158 K e bolle a 351 K. Qual è il suo stato fisico alla temperatura di $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$?
- A** Alla pressione di 1 atm, l'acqua fonde a $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ e bolle a $100\text{ }^{\circ}\text{C}$.
 - Calcola le temperature di fusione e di ebollizione dell'acqua, espresse in kelvin.
 - Calcola poi la differenza fra t_{eb} e t_f (intervallo di liquidità), in gradi Celsius e in kelvin, e confronta i valori ottenuti.

2. I sistemi omogenei ed eterogenei

- C** Indica l'affermazione corretta.
 - A** Si definisce fase una porzione di materia chimicamente distinguibile e delimitata che presenta proprietà intensive uniformi.
 - B** Si definisce fase una porzione di materia fisicamente distinguibile e delimitata che presenta proprietà intensive uniformi.
 - C** Si definisce fase una porzione di materia fisicamente distinguibile e delimitata che presenta proprietà estensive uniformi.
 - D** Si definisce fase una porzione di materia fisicamente distinguibile perché si trova in uno stato fisico diverso dal resto del materiale.
- A** Qual è il criterio principale che puoi utilizzare per distinguere tra un sistema omogeneo e uno eterogeneo?
 - A** La trasparenza o l'opacità del sistema.
 - B** Il numero di diversi componenti visibili del sistema.
 - C** Lo stato fisico del sistema.
 - D** La temperatura del sistema.

3. Le sostanze pure e i miscugli

- C** Discuti con i tuoi compagni e distingui le sostanze pure dai miscugli.

Sistema	Categoria (sostanza pura/miscuglio)
pioggia	
olio di semi	
sabbia	
argento	
ossigeno	
acciaio	

- A** In che modo puoi distinguere un miscuglio omogeneo da uno eterogeneo?
- A** Riporta almeno quattro esempi di miscugli omogenei e quattro di miscugli eterogenei, giustificando le tue scelte.
- A** Completa la seguente tabella indicando se i sistemi sono omogenei o eterogenei. Per ognuno cerca informazioni sui costituenti.

Sistema	Omogeneo/eterogeneo	Componenti
latte		
monile in oro		
dentifricio		
zucchero da tavola		

4. La solubilità

- C** Che cosa significa che la solubilità del sale da cucina a $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ è di 360 g/L ?
- A** Quali sono, in generale, le differenze tra le solubilità di un solido e di un gas?
- C** Osserva il grafico nella **Figura 1.9** e stabilisci come varia la solubilità di KNO_3 quando la temperatura aumenta da $30\text{ }^{\circ}\text{C}$ a $80\text{ }^{\circ}\text{C}$.

5. La concentrazione delle soluzioni

- C** Quale tra le seguenti soluzioni è la meno concentrata?
 - A** 20 g di glucosio in 0,800 kg di acqua.
 - B** 18 g di glucosio in 720 g di soluzione.
 - C** 30 g di glucosio in 1060 g di soluzione.
 - D** 3 g di glucosio in 0,060 kg di soluzione.

6. Le concentrazioni percentuali

17 **A** Calcola qual è la concentrazione % m/m di una soluzione che è stata ottenuta sciogliendo 15,6 g di NaCl in 135 g di acqua.

18 **A** Calcola la massa di acido solforico contenuta in 460 g di soluzione al 12,0% m/m .

19 **A** 74,0 g di cloruro di calcio sono stati sciolti in 650 g di acqua.
 • Calcola la concentrazione % m/m della soluzione.

20 **A** In quanti grammi di solvente sono disciolti 16 g di soluto se la concentrazione della soluzione è 20% m/m ?
A 64 g **B** 80 g **C** 96 g **D** 84 g

21 **A** Quanti grammi di acido nitrico sono contenuti in 2,50 L di una soluzione all'1,80% m/V ?

22 **A** Calcola la concentrazione % m/V di 300 mL di una soluzione contenente 50 g di KCl (cloruro di potassio).

23 PROBLEMA A PASSI

265 g di una soluzione con densità 1,20 g/mL contengono 10,6 g di soluto.
 • Calcola la % m/m e % m/V .

COME SI RISOLVE

- 1 Conoscendo la massa della soluzione e quella del soluto puoi calcolare la % m/m utilizzando la formula o la proporzione.
- 2 Calcola la % m/V moltiplicando la % m/m per la densità.

24 **P** 150 g di una soluzione con densità 1,10 g/mL contengono 8,5 g di soluto.
 • Calcola la % m/m e la % m/V .

25 **P** 500 g di una soluzione con densità 1,30 g/mL contengono 20,5 g di soluto.
 • Calcola la % m/m e la % m/V .

26 **P** Una soluzione ha % m/V = 4,50 e % m/m = 3,92.
 • Calcola la densità della soluzione.

27 **A** Un cocktail ha un volume di 200 mL ed è composto per un quarto di una bevanda alcolica che ha un contenuto di alcol etilico pari a 18%.
 • Determina il volume di alcol presente nel cocktail e la sua gradazione alcolica.

7. Da uno stato di aggregazione all'altro

28 **C** Il passaggio di stato da solido ad aeriforme è denominato

- A** vaporizzazione. **C** brinamento.
B condensazione. **D** sublimazione.

29 **C** Collega i passaggi di stato indicati con i termini che li contraddistinguono.

- | | |
|------------------------------|--------------------------|
| a solido – liquido | 1 fusione |
| b gassoso – solido | 2 sublimazione |
| c liquido – gassoso | 3 solidificazione |
| d aeriforme – liquido | 4 vaporizzazione |
| e liquido – solido | 5 brinamento |
| f solido – gassoso | 6 condensazione |

30 **C** Quale passaggio di stato avviene quando si forma del ghiaccio sulle pareti di un congelatore?

- A** Condensazione dell'acqua.
B Sublimazione dell'acqua liquida contenuta negli alimenti.
C Vaporizzazione del vapore acqueo.
D Passaggio da aeriforme a solida dell'acqua contenuta nell'aria.
E Solidificazione del vapore acqueo.

31 **C** A parità di massa, il volume di gran parte dei solidi è maggiore o minore di quello dei corrispondenti liquidi?

8. I principali metodi di separazione dei miscugli

32 **A** Indica il tipo di miscuglio e ipotizza la tecnica da utilizzare per separare dal miscuglio il componente indicato.

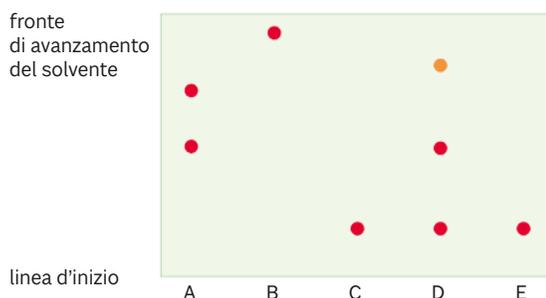
Componente e miscuglio	Tipo di miscuglio	Tecnica (o tecniche) di separazione
coloranti da una bibita		
polvere dall'aria		
acqua dall'acqua marina		

33 **A** Vero o falso?

- a** La filtrazione può essere usata per separare le soluzioni. **V** **F**
b Nell'acqua di mare il sale è il solvente. **V** **F**
c L'aceto è un miscuglio omogeneo. **V** **F**

34 **A** Come potresti separare, da un miscuglio di polveri, solfato di bario (insolubile in acqua) e cloruro di sodio (il sale da cucina)?

35 **C** Alcuni campioni di sostanze vengono sottoposti a cromatografia per un'analisi ambientale. Si ottiene il seguente cromatogramma.



- Quali campioni sono sostanze pure?
- Quali campioni sono miscugli?
- Quali campioni sono uguali fra loro?
- Quali campioni hanno in comune almeno un componente?

36 **A** Immagina di distillare un miscuglio composto per il 50% di acqua e per il 50% di un liquido sconosciuto che bolle a 55 °C.

- Le prime gocce di distillato sono più ricche di acqua o del liquido sconosciuto?

LABORATORIO DELLE COMPETENZE

DEDUCI

37 Define homogeneous mixtures and give some examples.

38 Sciogliendo in 80,0 mL di acqua distillata 9,60 g di solfato di potassio, K_2SO_4 , sostanza usata principalmente come fertilizzante, si ottiene una soluzione satura ($t = 25\text{ °C}$).

- Calcola la solubilità del solfato di potassio alla temperatura di 25 °C.

39 Completa il seguente brano.

La distillazione permette di separare i componenti di un miscuglio sfruttandone la diversa , ossia la diversa tendenza a

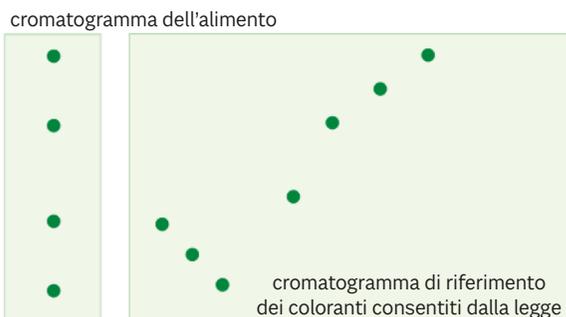
CLASSIFICA

40 Describe your breakfast: how many pure substances are on the table? How many mixtures? Which kind of mixtures?

TROVA SOLUZIONI

41 Considera un miscuglio di acqua e olio extravergine di oliva. In che modo puoi separare i due liquidi senza modificare le proprietà organolettiche dell'olio?

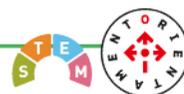
42 L'analisi cromatografica di un alimento di colore verde evidenzia la presenza di coloranti. Utilizza i dati forniti dai due cromatogrammi qui sotto per valutare se i coloranti sono quelli consentiti dalla legge.



43 Un miscuglio è composto da acqua, sabbia, olio, pigmenti.

- Quali metodologie puoi utilizzare per separare ciascun componente di tale miscuglio? Rispondi in cinque righe.

COMPITO DI REALTÀ



L'uovo fresco galleggia o affonda nell'acqua del rubinetto?

- Elabora un'ipotesi sulla base di quello che hai studiato in questo capitolo.
- Realizza un esperimento per verificare l'ipotesi prendendo appunti su quello che osservi: è confermata o confutata?
- Modifica il tuo sistema (l'acqua in cui è immerso l'uovo) aggiungendo quantità crescenti di sale da cucina. Osserva se si verificano dei cambiamenti: sono in accordo con la tua ipotesi?

Utilizza le informazioni che hai raccolto per registrare un audio. Adatta il tuo linguaggio al pubblico a cui ti stai rivolgendo, esprimi in modo chiaro e non parlare troppo in fretta. Se vuoi, aggiungi dei suoni per rendere l'ascolto più vivace! Ispirarti a dei podcast che trovi online. Rifletti in classe: quale parte di questo esercizio hai trovato più divertente e quale più difficile? Che cosa pensi di aver imparato?