

Programma delle lezioni

Lezioni frontali

- Introduzione al laboratorio chimico
- Classificazione e proprietà della materia
- Grandezze fisiche e misure, trattamento dati scientifici
- I composti inorganici
- Le reazioni chimiche
- **Le soluzioni**
- Il pH, acidi e basi
- Le soluzioni tampone
- Le titolazioni
- Equilibri di solubilità
- Tecniche di laboratorio



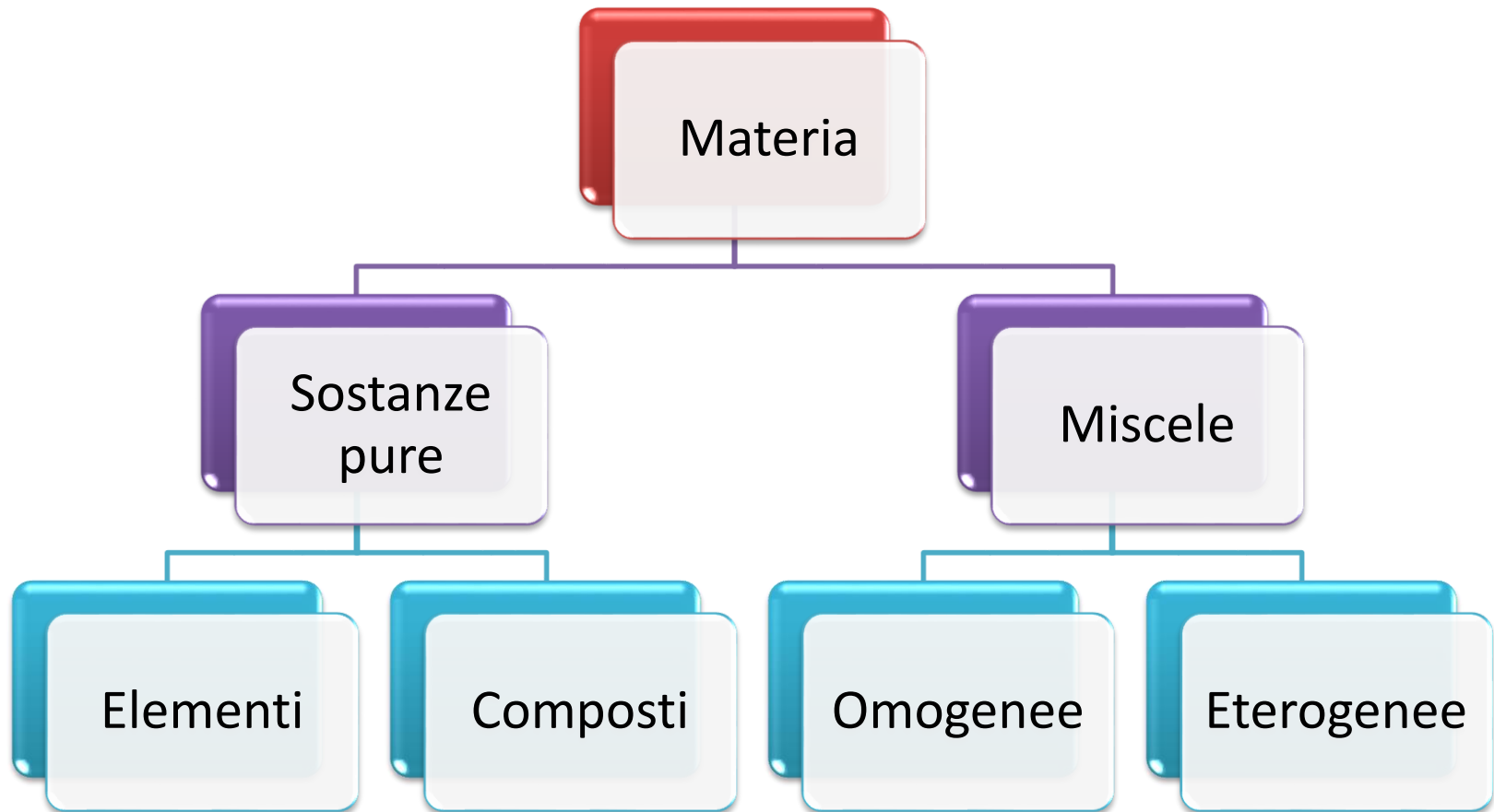
Contenuti

- Il processo di dissoluzione
- Misure di concentrazione
- La diluizione



Le soluzioni

Classificazione della materia



Introduzione all'Esperienza

Miscela

È composta da due o più sostanze che possono essere separate mediante tecniche fisiche (filtrazione, decantazione, cristallizzazione, distillazione...).



Omogenea

Le sostanze sono indistinguibili a occhio nudo o in seguito ad ingrandimento



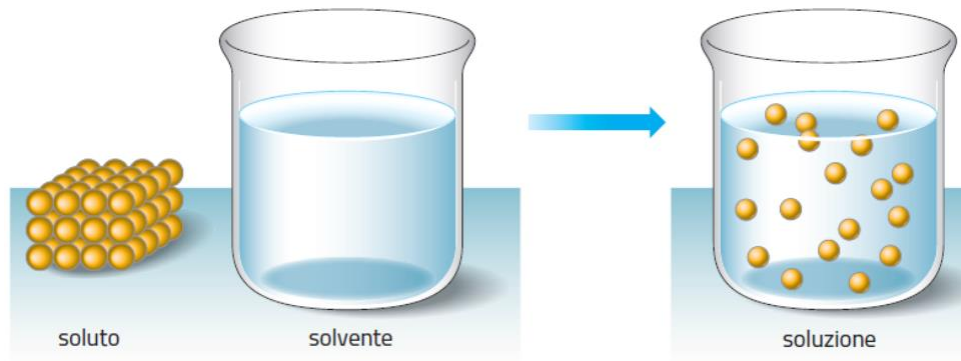
Eterogenea

Le sostanze sono distinguibili: composizione non uniforme

Introduzione all'Esperienza

Miscele omogenee liquide: soluzioni

Si caratterizzano per la limpidezza: possiamo vedervi attraverso



Soluto

Sostanza presente in
quantità minore

Solvente

Sostanza presente in
quantità maggiore

Il soluto è **disciolto** nel solvente

Soluzioni

Miscela omogenee di due o più sostanza in un'unica fase



Solvente

Sostanza presente in
quantità maggiore



Soluto

Sostanza presente in
quantità minore

Il soluto è **disciolto** nel solvente



**Gas disciolto in
liquido**



Solido disciolto in liquido



**Liquido disciolto
in liquido**

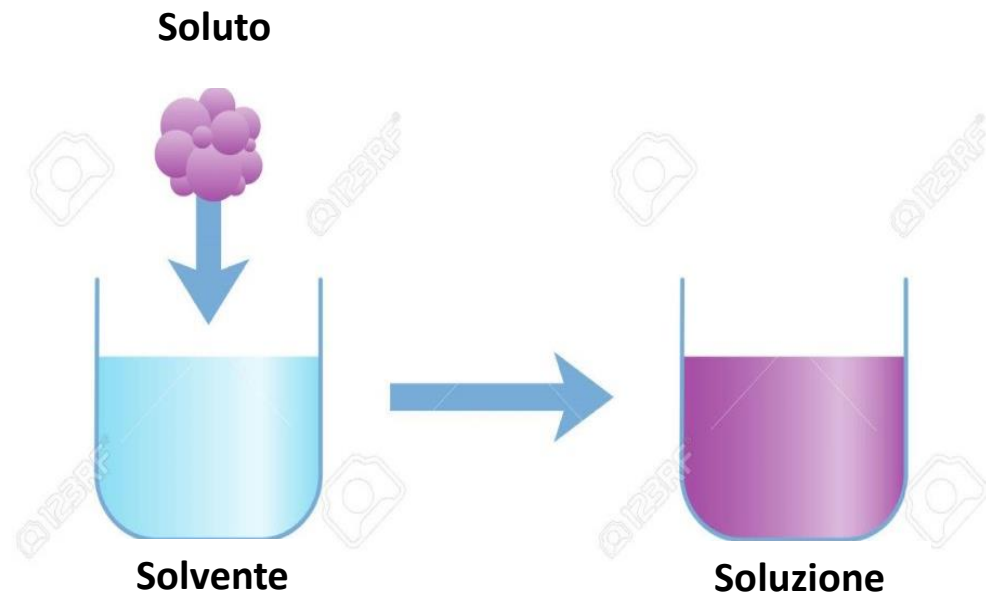


**Solido disciolto
in solido**

Processo di dissoluzione

Il processo tramite il quale il soluto viene disciolto nel solvente è detto **dissoluzione**.

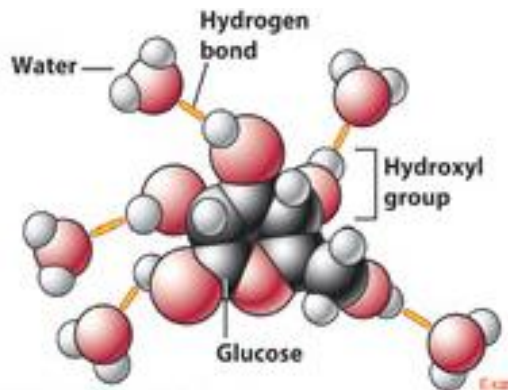
Solido disciolto in un liquido



Processo di dissoluzione

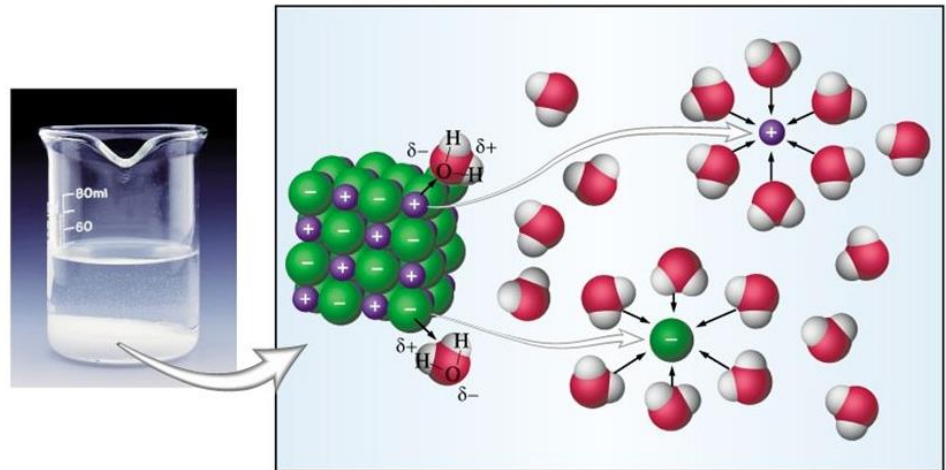
Il soluto viene circondato da molecole di solvente tramite un processo detto **solvatazione** (idratazione se il solvente è l'acqua)

Soluti molecolari



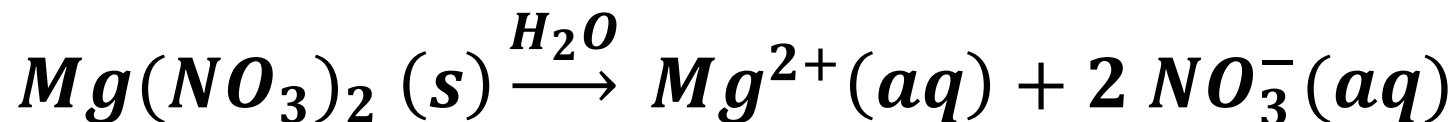
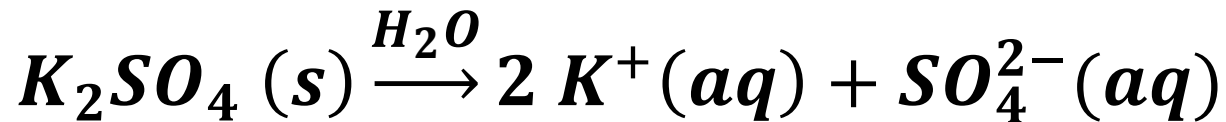
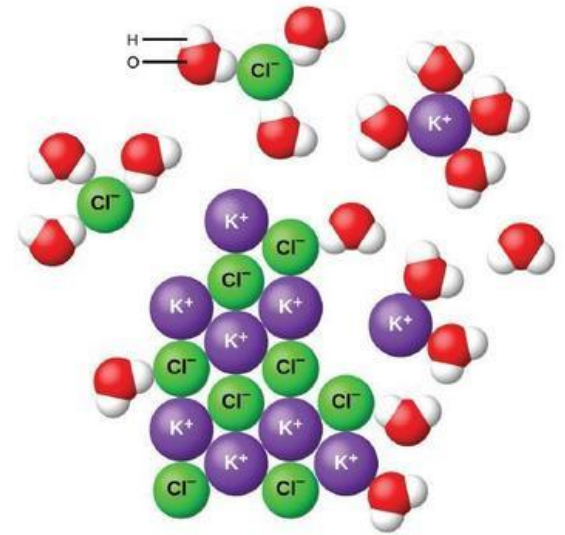
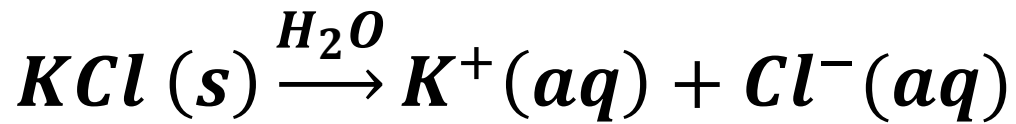
Soluti ionici:

Il sale si dissocia negli ioni costituenti, che vengono solvatati separatamente



Dissoluzione di NaCl in acqua

Idratazione dei sali



Solubilità

Solubilità

Quantità massima di soluto che si può sciogliere in una data quantità di solvente

Solubilità in acqua



Saccarosio
2.15 kg/L



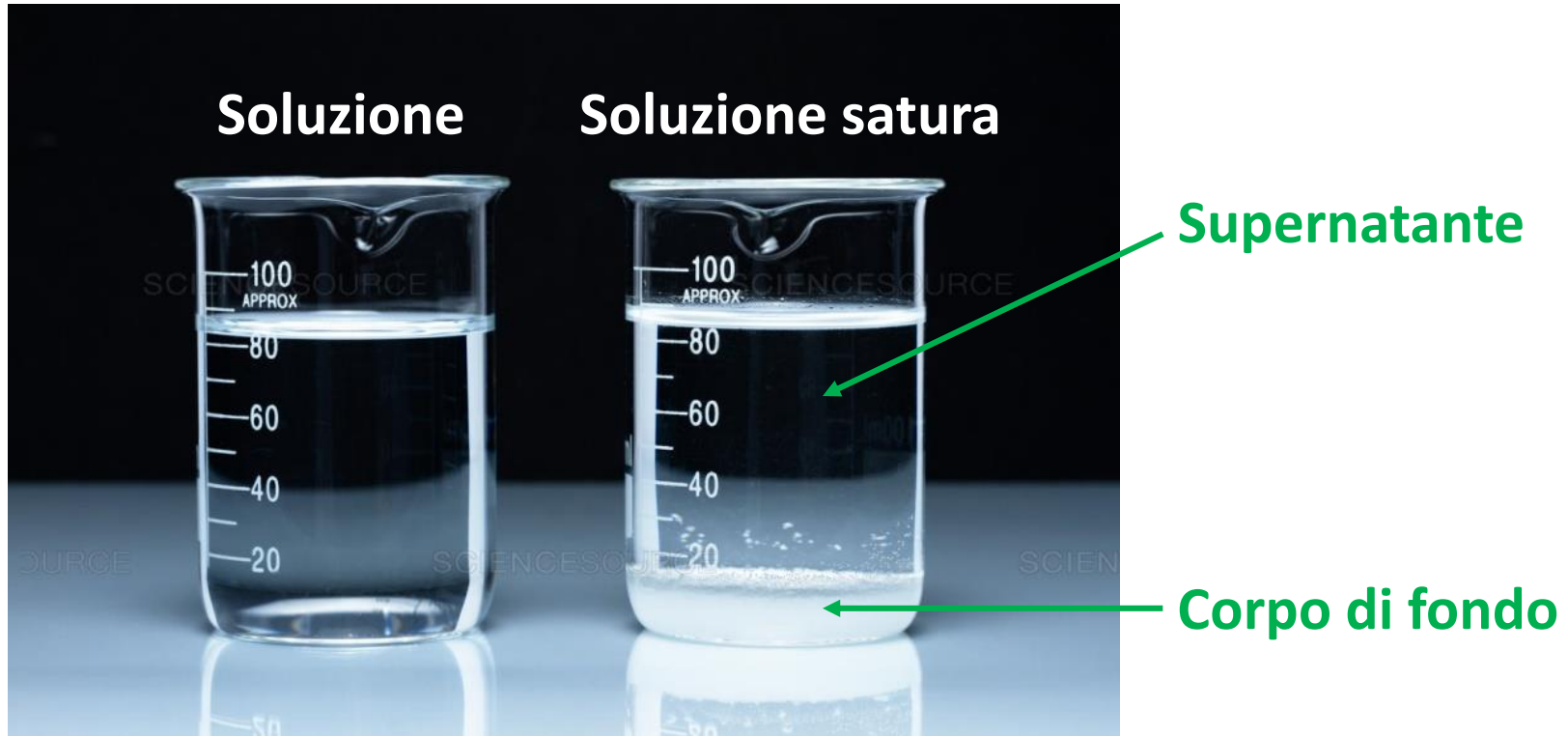
NaCl
358 g/L



CuSO₄
316 g/L

Soluzione satura

Soluzione nella quale il solido ha raggiunto la sua massima solubilità ed è presente anche come fase solida



Concentrazione

Concentrazione

**Misura delle quantità relative delle sostanze in soluzione:
rapporto tra soluto e solvente**



Diluito ←————→ **Concentrato**

Unità di concentrazione:

- Molarità
- Frazione molare
- Massa percentuale
- Volume percentuale
- Parti per milione

Concentrazione molare o molarità (C_M)

Moli di soluto per litro di soluzione

$$C_M = \frac{n_{\text{soluto}}}{V_{\text{soluzione}}(L)}$$

Unità di misura:

$$\frac{\text{mol}}{\text{L}} \quad \text{mol} \cdot \text{L}^{-1} \quad \equiv \quad M \text{ (molare)}$$

-
- Soluzione 1 M → contiene 1 mol di soluto per ogni L di soluzione
 - Soluzione con concentrazione molare pari a 0.3 mol/L → contiene 0.3 mol di soluto per ogni L di soluzione

Concentrazione molare o molarità (C_M)

$$C_M = \frac{n}{V(L)}$$

Qual è la concentrazione molare di una soluzione in cui 30.0 g di ioduro di potassio sono disciolti in 500.0 mL di acqua?

Quale massa di acido nitrico disciolta in 5.00 L di una soluzione 1.55 M dell'acido?

Concentrazione molare o molarità (C_M)

$$C_M = \frac{n}{V(L)}$$

Qual è la concentrazione molare di una soluzione in cui 30.0 g di ioduro di potassio sono disciolti in 500.0 mL di acqua?

$$PM_{KI} = PA_K + PA_I = 39.102 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} + 126.904 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} = 166.006 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$$

$$C_M = \frac{n}{V} = \frac{m/PM}{V} = \frac{30.0 \text{ g}/166.006 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}}{0.5000 \text{ L}} = \mathbf{0.361 \text{ M}}$$

Quale massa di acido nitrico disciolta in 5.00 L di una soluzione 1.55 M dell'acido?

$$m = n \cdot PM$$

$$n = C_M \cdot V$$

$$PM_{HNO_3} = PA_H + PA_N + (3 \cdot PA_O) = 1.00797 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} + 14.0067 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} + (3 \cdot 15.9994) = 63.0129 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$$

$$m = (C_M \cdot V) \cdot PM = (1.55 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1})(5.00 \text{ L})(63.0129 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}) = \mathbf{488 \text{ g}}$$

Concentrazione degli ioni in soluzione

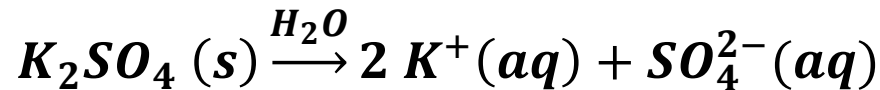
$$C_M = \frac{n}{V(L)}$$

Qual è la concentrazione molare degli ioni K^+ e SO_4^{2-} di una soluzione preparata disciogliendo 6.73 g di solfato di potassio in 250.0 mL di acqua?

Concentrazione degli ioni in soluzione

$$C_M = \frac{n}{V(L)}$$

Qual è la concentrazione molare degli ioni K^+ e SO_4^{2-} di una soluzione preparata disciogliendo 6.73 g di solfato di potassio in 250.0 mL di acqua?



$$\begin{aligned} PM_{K_2SO_4} &= (2 \cdot PA_K) + PA_S + (4 \cdot PA_O) \\ &= (2 \cdot 39.102 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}) + 32.064 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} + (4 \cdot 15.9994 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}) = 174.266 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} \end{aligned}$$

$$C_{MK_2SO_4} = \frac{n}{V} = \frac{m/PM}{V} = \frac{6.73 \text{ g}/174.266 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}}{0.250 \text{ L}} = 0.154 \text{ M}$$

$$C_{MSO_4^{2-}} = C_{MK_2SO_4} = \mathbf{0.154 \text{ M}}$$

$$C_{MK^+} = 2 \cdot C_{MK_2SO_4} = 2 \cdot 0.154 \text{ M} = \mathbf{0.308 \text{ M}}$$

Frazione molare (X)

Moli di soluto per moli totali di soluzione

$$X = \frac{n_{\text{soluto}}}{n_{\text{totali}}} = \frac{n_{\text{soluto}}}{n_{\text{soluto}} + n_{\text{solvente}}}$$

Se è sono presenti più soluti (A, B, C...):

$$X_A = \frac{n_A}{n_A + n_B + n_C + \dots + n_{\text{solvente}}}$$

La somma delle frazioni molari di tutti i componenti di una soluzione è pari ad 1.

Frazione molare (X)

$$X = \frac{n_{\text{soluto}}}{n_{\text{totali}}}$$

Si sciolgono 21.5 g di cloruro di sodio in 250.0 mL di acqua. Qual è la frazione molare del sale?

Frazione molare (X)

$$X = \frac{n_{\text{soluto}}}{n_{\text{totali}}}$$

Si sciolgono 21.5 g di cloruro di sodio in 250.0 mL di acqua. Qual è la frazione molare del sale?

$$X_{\text{NaCl}} = \frac{n_{\text{NaCl}}}{n_{\text{NaCl}} + n_{\text{H}_2\text{O}}}$$

$$PM_{\text{NaCl}} = PA_{\text{Na}} + PA_{\text{Cl}} = 22.9898 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} + 35.453 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} = 58.443 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$$

$$PM_{\text{H}_2\text{O}} = (2 \cdot PA_{\text{H}}) + PA_{\text{O}} = (2 \cdot 1.00797 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}) + 15.9994 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} = 18.0153 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$$

$$n_{\text{NaCl}} = \frac{m_{\text{NaCl}}}{PM} = \frac{21.5 \text{ g}}{58.443 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} = 0.373 \text{ mol}$$

$$n_{\text{H}_2\text{O}} = \frac{m_{\text{H}_2\text{O}}}{PM} = \frac{V \cdot d}{PM} = \frac{(250.0 \text{ mL})(1.00 \text{ g} \cdot \text{mL}^{-1})}{18.0153 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} = 13.9 \text{ mol}$$

$$X_{\text{NaCl}} = \frac{0.373 \text{ mol}}{0.373 \text{ mol} + 13.9 \text{ mol}} = 0.0261$$

Frazione molare (X)

$$X = \frac{n_{\text{soluto}}}{n_{\text{totali}}}$$

Si sciolgono 8.00 g di canfora, $C_{10}H_{16}O$, in 425 mL di etanolo, C_2H_5OH . Qual è la frazione della canfora nella soluzione risultante? (d etanolo = $0.785 \text{ g} \cdot \text{mL}^{-1}$)

Frazione molare (X)

$$X = \frac{n_{\text{soluto}}}{n_{\text{totali}}}$$

Si sciolgono 8.00 g di canfora, $C_{10}H_{16}O$, in 425 mL di etanolo, C_2H_5OH . Qual è la frazione della canfora nella soluzione risultante? (d etanolo = $0.785 \text{ g} \cdot \text{mL}^{-1}$)

$$X_{C_{10}H_{16}O} = \frac{n_{C_{10}H_{16}O}}{n_{C_{10}H_{16}O} + n_{C_2H_5OH}}$$

$$PM_{C_{10}H_{16}O} = (10 \cdot PA_C) + (16 \cdot PA_H) + PA_O = (10 \cdot 12.01115 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}) + (16 \cdot 1.00797 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}) + 15.9994 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} = 152.2384 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$$

$$PM_{C_2H_5OH} = (2 \cdot PA_C) + (6 \cdot PA_H) + PA_O = (2 \cdot 12.01115 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}) + (6 \cdot 1.00797 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}) + 15.9994 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} = 46.0695 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$$

$$n_{C_{10}H_{16}O} = \frac{m_{C_{10}H_{16}O}}{PM} = \frac{8.00 \text{ g}}{152.2384 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} = 0.0525 \text{ mol}$$

$$n_{C_2H_5OH} = \frac{m_{C_2H_5OH}}{PM} = \frac{V \cdot d}{PM} = \frac{(425 \text{ mL})(0.785 \text{ g} \cdot \text{mL}^{-1})}{46.0695 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} = 7.24 \text{ mol}$$

$$X_{C_{10}H_{16}O} = \frac{0.0525 \text{ mol}}{0.0525 \text{ mol} + 7.24 \text{ mol}} = 0.00676$$

Percentuale in peso (%p/p)

Massa di soluto contenuta in 100 g di soluzione

$$\% p/p = \frac{m_{\text{soluto}}}{m_{\text{soluzione}}} \cdot 100 = \frac{m_{\text{soluto}}}{m_{\text{soluto}} + m_{\text{solvente}}} \cdot 100$$

Calcolare la percentuale in peso di una soluzione ottenuta disciogliendo 2.00 g di $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ in 750 g d'acqua.

Percentuale in peso (%p/p)

Massa di soluto contenuta in 100 g di soluzione

$$\% p/p = \frac{m_{\text{soluto}}}{m_{\text{soluzione}}} \cdot 100 = \frac{m_{\text{soluto}}}{m_{\text{soluto}} + m_{\text{solvente}}} \cdot 100$$

Calcolare la percentuale in peso di una soluzione ottenuta disciogliendo 2.00 g di $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ in 750 g d'acqua.

$$\% p/p = \frac{2.00 \text{ g}}{2.00 \text{ g} + 750 \text{ g}} \cdot 100 = \mathbf{0.266 \%}$$

Percentuale in peso (%p/p)

$$\%p/p = \frac{m_{\text{soluto}}}{m_{\text{soluzione}}} \cdot 100$$

Una soluzione acquosa di acido acetico al 6.02% in peso ha densità $1.01 \text{ g} \cdot \text{mL}^{-1}$.
Quale massa dell'acido sarà presente in 355 mL di tale soluzione?

Percentuale in peso (%p/p)

$$\%p/p = \frac{m_{\text{soluto}}}{m_{\text{soluzione}}} \cdot 100$$

Una soluzione acquosa di acido acetico al 6.02% in peso ha densità $1.01 \text{ g} \cdot \text{mL}^{-1}$.
Quale massa dell'acido sarà presente in 355 mL di tale soluzione?

$$m_{\text{soluto}} = \frac{\%p/p \cdot m_{\text{soluzione}}}{100}$$

$$m_{\text{acido acetico}} = \frac{\%p/p \cdot (d \cdot V)}{100} = \frac{6.02 \cdot (1.01 \text{ g} \cdot \text{mL}^{-1}) \cdot (355 \text{ mL})}{100} = 21.6 \text{ g}$$

Percentuale in peso (%p/p)

$$\%p/p = \frac{m_{\text{soluto}}}{m_{\text{soluzione}}} \cdot 100$$



Il cosiddetto acido muriatico concentrato è una soluzione al 33% in peso di acido cloridrico con densità pari a $1.161 \text{ g} \cdot \text{mL}^{-1}$. Calcolarne la concentrazione molare.

Percentuale in peso (%p/p)

$$\%p/p = \frac{m_{\text{soluto}}}{m_{\text{soluzione}}} \cdot 100$$



Il cosiddetto acido muriatico concentrato è una soluzione al 33% in peso di acido cloridrico con densità pari a $1.161 \text{ g} \cdot \text{mL}^{-1}$. Calcolarne la concentrazione molare.

$$PM_{\text{HCl}} = PA_{\text{H}} + PA_{\text{Cl}} = 1.00797 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} + 35.453 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} = 36.461 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$$

$$C_{M_{\text{HCl}}} = \frac{n_{\text{HCl}}}{V_{\text{soluzione}}} = \frac{n_{\text{HCl}}}{1 \text{ L}} \qquad n_{\text{HCl}} = \frac{m_{\text{HCl}}}{PM}$$

$$m_{\text{HCl}} = \frac{\%p/p \cdot m_{\text{soluzione}}}{100} = \frac{\%p/p \cdot (d \cdot V)}{100} = \frac{33 \cdot (1.161 \text{ g} \cdot \text{mL}^{-1}) \cdot (1000 \text{ mL})}{100} = 383 \text{ g}$$

$$C_{M_{\text{HCl}}} = \frac{383 \text{ g} / 36.461 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}}{1 \text{ L}} = 10.5 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$$

Percentuale peso su volume (%p/v)

Massa di soluto contenuta in 100 mL di soluzione

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

Calcolare la % p/v di una soluzione contenente 8.0 g di soluto in 3.500 L di soluzione.

Percentuale peso su volume (%p/v)

Massa di soluto contenuta in 100 mL di soluzione

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

Calcolare la % p/v di una soluzione contenente 8.0 g di soluto in 3.500 L di soluzione.

$$\%p/v = \frac{8.0 \text{ g}}{3500 \text{ mL}} \cdot 100 = \mathbf{0.22 \%}$$

Percentuale in volume (%v/v)

Volume di soluto (in mL) contenuto in 100 mL di soluzione

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

Se un vino ha gradazione alcolica 15° significa che ha concentrazione in volume di etanolo pari al 15%. Calcolare che volume di etanolo sarà presente in una bottiglia da 750 mL di tale vino.



Percentuale in volume (%v/v)

Volume di soluto (in mL) contenuto in 100 mL di soluzione

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

Se un vino ha gradazione alcolica 15° significa che ha concentrazione in volume di etanolo pari al 15%. Calcolare che volume di etanolo sarà presente in una bottiglia da 750 mL di tale vino.

$$V_{\text{etanolo}} = \frac{\%v/v \cdot V_{\text{soluzione}}}{100} = \frac{15 \cdot 750 \text{ mL}}{100} = 112 \text{ mL}$$



Parti per milione (ppm)

Massa di soluto contenuta in $1 \cdot 10^6$ g di soluzione

$$ppm = \frac{m_{soluto}}{m_{soluzione}} \cdot 10^6$$

Nell'acqua di alcuni acquedotti cittadini è possibile trovare ioni argento, con concentrazione media di 0.028 ppm. Quale massa d'acqua di rubinetto occorrono per recuperare 1.00 g di argento?

Parti per milione (ppm)

Massa di soluto contenuta in $1 \cdot 10^6$ g di soluzione

$$ppm = \frac{m_{\text{soluto}}}{m_{\text{soluzione}}} \cdot 10^6$$

Nell'acqua di alcuni acquedotti cittadini è possibile trovare ioni argento, con concentrazione media di 0.028 ppm. Quale massa d'acqua di rubinetto occorrono per recuperare 1.00 g di argento?

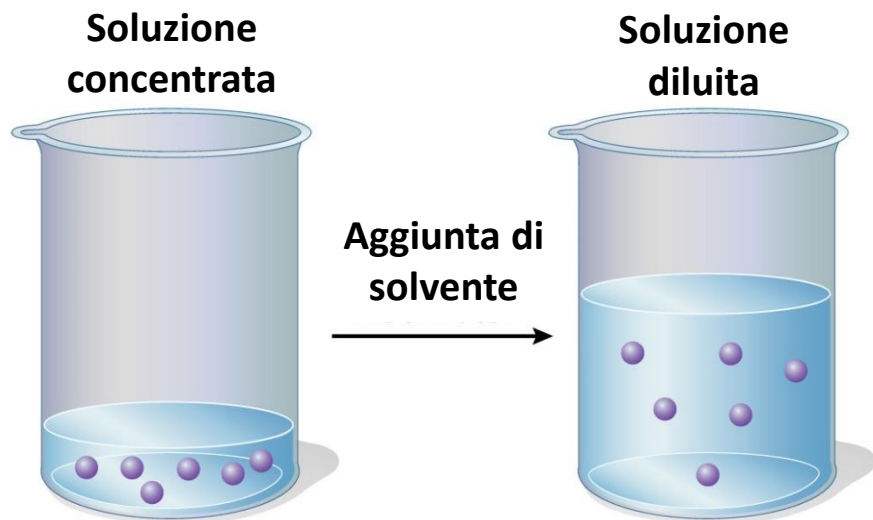
$$m_{\text{soluzione}} = \frac{m_{\text{soluto}}}{ppm} \cdot 10^6 = \frac{1.00 \text{ g}}{0.028} \cdot 10^6 = 3.6 \cdot 10^7 \text{ g}$$

Diluizione

Diluizione

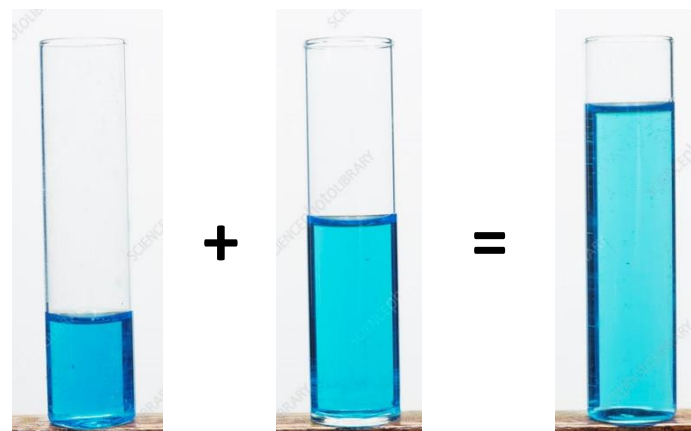
Diminuzione della concentrazione di una soluzione per aggiunta di solvente puro o di una soluzione meno concentrata.

Diluizione per aggiunta di solvente



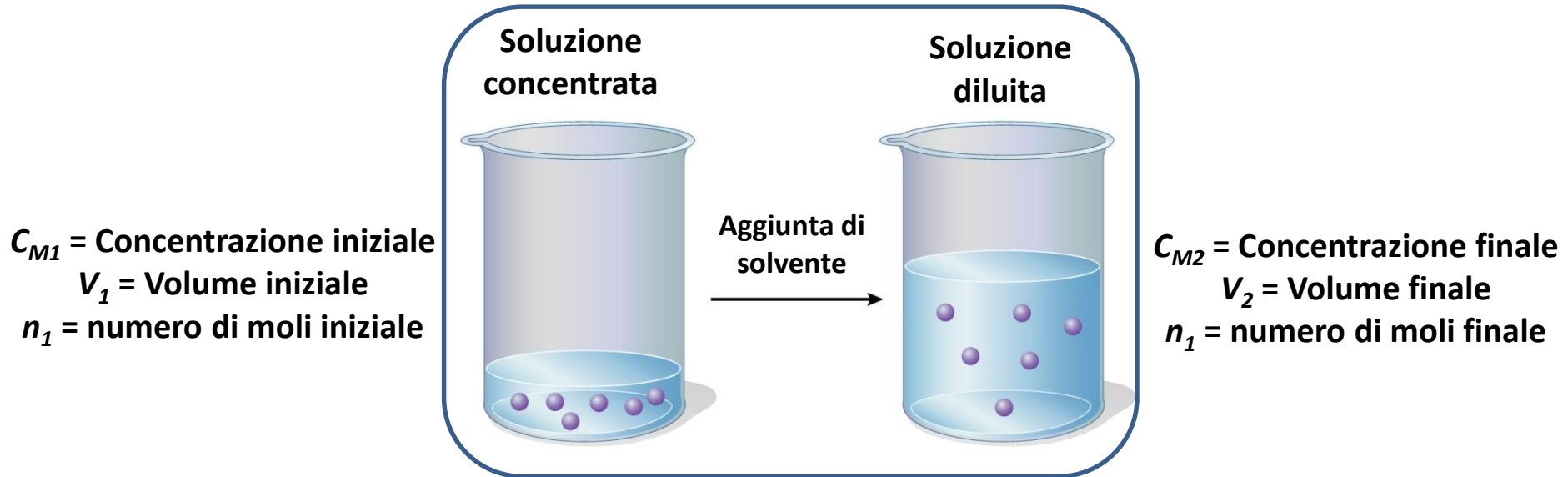
Dopo la diluizione è presente la stessa quantità di soluto in un volume maggiore di soluzione

Diluizione per mescolamento soluzioni



La soluzione finale avrà una quantità di soluto e un volume pari alla somma delle soluzioni di partenza

Diluizione per aggiunta di solvente



Dopo la diluizione è presente lo stesso numero di moli in un volume maggiore di soluzione:

$$n_1 = n_2$$

$$C_{M1} \cdot V_1 = C_{M2} \cdot V_2$$

Diluizione per aggiunta di solvente

$$C_{M1} \cdot V_1 = C_{M2} \cdot V_2$$

Quale concentrazione finale si ottiene se si aggiungono 100 mL di solvente a 0.60 L di una soluzione 0.500 M di acido solforico?

Quanta acqua occorre aggiungere a 2.50 L di una soluzione 0.230 M di nitrato d'argento per diluirla fino ad una concentrazione pari a 0.100 M?

Diluizione per aggiunta di solvente

$$C_{M1} \cdot V_1 = C_{M2} \cdot V_2$$

Quale concentrazione finale si ottiene se si aggiungono 100 mL di solvente a 0.60 L di una soluzione 0.500 M di acido solforico?

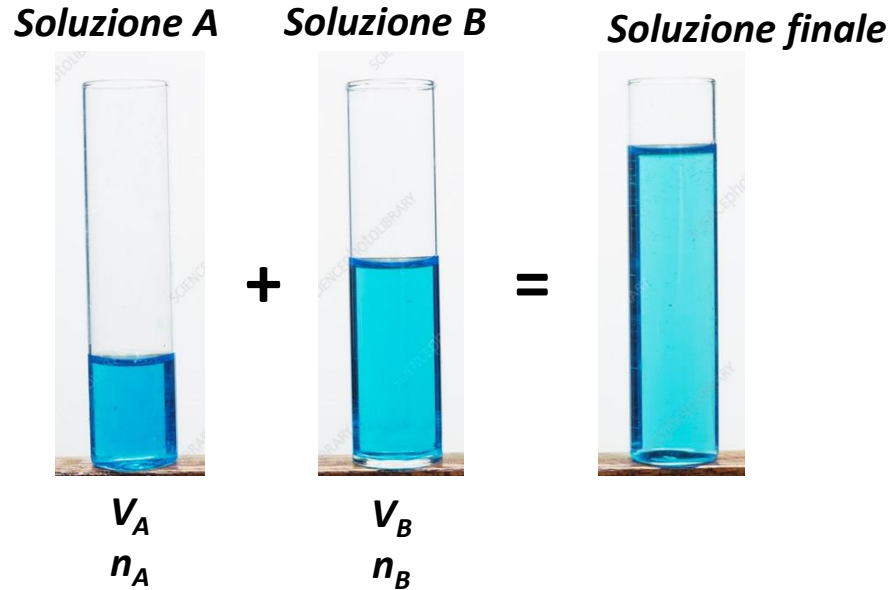
$$C_{M2} = \frac{C_{M1} \cdot V_1}{V_2} = \frac{(0.500 \text{ M}) \cdot (0.60 \text{ L})}{0.60 \text{ L} + 0.100 \text{ L}} = 0.43 \text{ M}$$

Quanta acqua occorre aggiungere a 2.50 L di una soluzione 0.230 M di nitrato d'argento per diluirla fino ad una concentrazione pari a 0.100 M?

$$V_2 = \frac{C_{M1} \cdot V_1}{C_{M2}} = \frac{(0.230 \text{ M}) \cdot (2.50 \text{ L})}{0.100 \text{ M}} = 5.75 \text{ L}$$

$$V_{da\ aggiungere} = V_2 - V_1 = 5.75 \text{ L} - 2.50 \text{ L} = 3.25 \text{ L}$$

Mescolamento di soluzioni



La soluzione finale avrà una quantità di soluto e un volume pari alla somma delle soluzioni di partenza

$$C_M = \frac{n_A + n_B}{V_A + V_B}$$

Mescolamento di soluzioni

$$C_M = \frac{n_A + n_B}{V_A + V_B}$$

Calcolare la concentrazione di una soluzione acquosa di nitrato di magnesio ottenuta mescolando 500 mL di una soluzione 0.3 M e 200 mL di una soluzione 0.2 M.

Mescolamento di soluzioni

$$C_M = \frac{n_A + n_B}{V_A + V_B}$$

Calcolare la concentrazione di una soluzione acquosa di nitrato di magnesio ottenuta mescolando 500 mL di una soluzione 0.3 M e 200 mL di una soluzione 0.2 M.

$$C_M = \frac{(C_A \cdot V_A) + (C_B \cdot V_B)}{V_A + V_B} = \frac{(0.3 \text{ M} \cdot 500 \text{ mL}) + (0.2 \text{ M} \cdot 200 \text{ mL})}{500 \text{ mL} + 200 \text{ mL}} = 0.27 \text{ M}$$

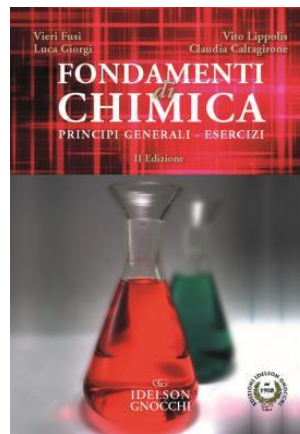
Obiettivi minimi

- Saper definire i concetti di soluto, solvente, solubilità e concentrazione
- Conoscere i principali modi di esprimere la concentrazione ed il loro significato
- Saper passare da un'unità di misura della concentrazione ad un'altra
- Sapere il significato di diluizione e saper calcolare la concentrazione di una soluzione in seguito a diluizione



Dove studiare?

Lippolis: Capitolo 9
Pagg. 307-310



Esercizi per casa...

Lippolis: Capitolo 9

- n. 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 pag. 333
- n. 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 23, 24 pag. 334
- n. 27, 28, 29, 30, 31, 32, 37, 38, 39, 40 pag. 335
- n. 1, 2 pag. 336
- n. 3, 6 pag. 337

