

**ESERCITAZIONE INTEGRATA- I anno Biotecnologie per la Salute - I semestre
(Chimica-Fisica-Informatica e Matematica)**

Densità di soluzioni acquose e loro concentrazioni

In questa esperienza determinerete la densità di quattro soluzioni acquose di NaCl aventi differente concentrazione. Riporterete in grafico la densità di queste soluzioni in funzione della loro concentrazione. Infine, ricaverete da questo grafico la concentrazione (incognita) di due soluzioni di NaCl determinandone la densità.

Procedimento

- 1) Pesate in una navicella di plastica la quantità di NaCl necessaria per preparare rispettivamente 100.0 mL di soluzione **A**: 0.500 mol/L, **B**: 1.00 mol/L, **C**: 1.50 mol/L e **D**: 2.00 mol/L. *Ciascun gruppo preparerà due soluzioni a concentrazione nota: A e C oppure B e D.*
- 2) Trasferite il sale necessario per preparare la soluzione meno concentrata (**A o B**) nel matraccio tarato da 100.0 mL servendovi di un imbuto, aggiungete acqua distillata, solubilizzate il sale e quindi portate a volume.
- 3) Trasferite la soluzione preparata in un cilindro da 100 mL e misurate la densità con il densimetro in g/L (prendete nota del valore).
- 4) Pesate un matraccio da 25.0 mL, dopo esservi accertati che sia perfettamente pulito ed asciutto, e prendete nota della massa.
- 5) Riempite e portate a volume il matraccio tarato da 25.0 mL con acqua distillata. Pesate il matraccio tarato contenente l'acqua e prendete nota della massa.
- 6) Versate via l'acqua e ambientate il matraccio tarato con 2-3 mL della soluzione di NaCl (**A o B**) di cui dovete determinare la densità.
- 7) Riempite il matraccio tarato da 25.0 mL già ambientato con la soluzione di NaCl e determinate la massa complessiva (prendendo nota di essa). Ripetere l'operazione 2-3 volte.

- 8) Ripetere le operazioni da 2 a 7 per la soluzione di NaCl a concentrazione più alta (**C o D**) utilizzando un altro matraccio da 25.0 mL a disposizione.
- 9) Ripetere le operazioni da 3 a 7 per la soluzione di NaCl a concentrazione incognita (**X o Y**) utilizzando un altro matraccio da 25.0 mL a disposizione.

Riportate le pesate del matraccio contenente acqua distillata e del matraccio contenente le soluzioni a diversa concentrazione nel seguente schema:

| | 0.500 mol/L | 1.00 mol/L | 1.50 mol/L | 2.00 mol/L | Soluzione X | Soluzione Y |
|--|----------------|---------------|---------------|---------------|-------------|-------------|
| massa (g) NaCl da pesare | | | | | - | - |
| massa (g) matraccio vuoto | | | | | | |
| massa (g) matraccio con H ₂ O | | | | | | |
| massa (g) matraccio con soluzione NaCl | | | | | | |
| massa H ₂ O | | | | | | |
| massa soluzione | | | | | | |
| volume matraccio | 25.0 mL | | | | | |
| densità delle soluzioni (g/L) (per pesata) | | | | | | |
| densità (g/L) (misurata con densimetro) | | | | | | |

Trattazione dell'errore sperimentale

Il caso in questione è interessante anche dal punto di vista della trattazione dell'errore sperimentale. Infatti, si tratta di stimare l'errore di misura su una grandezza derivata, la densità ρ , misurata a partire dalla massa m e dal volume V , secondo la relazione:

$$\rho = \frac{m}{V}. \quad (1)$$

Pertanto, detti Δm e ΔV gli errori di misura sulla massa e sul volume rispettivamente, si ha per l'errore sulla densità:

$$\Delta\rho = \frac{\Delta m}{V} + \frac{m}{V^2} \Delta V. \quad (2)$$

In termini di incertezze relative dalle relazioni (1) e (2) è immediato vedere che si ha:

$$\frac{\Delta\rho}{\rho} = \frac{\Delta m}{m} + \frac{\Delta V}{V}. \quad (3)$$

Nel caso in questione l'errore sulla misura del volume del matraccio è pari 0.1-0.2 mL e, pertanto, trascurabile. Perciò, la (2) si semplifica a dare:

$$\Delta\rho \approx \frac{\Delta m}{V}. \quad (4)$$

Riportate in tabella l'errore di misura sulle pesate effettuate, errore corrispondente al limite di sensibilità della bilancia (cosiddetto *errore massimo* dello strumento o *errore di sensibilità*).

| Errori di misura | 0.500 mol/L | 1.00 mol/L | 1.50 mol/L | 2.00 mol/L | Soluzione X | Soluzione Y |
|--|-------------|------------|------------|------------|-------------|-------------|
| massa (g) NaCl da pesare | | | | | | |
| massa (g) matraccio vuoto | | | | | | |
| massa (g) matraccio con H ₂ O | | | | | | |
| massa (g) matraccio con la soluzione di NaCl | | | | | | |
| massa H ₂ O | | | | | | |
| massa soluzione | | | | | | |

L'errore sulla massa della soluzione risulta dato da:

$$\Delta m = \Delta m_1 + \Delta m_2 \quad (5)$$

dove Δm_1 è l'errore sulla lettura del peso del matraccio con la soluzione di NaCl e Δm_2 è l'errore sulla lettura della massa del matraccio vuoto. Inserito nella (4), tale errore ci permette la stima dell'errore sull'asse delle ordinate, ossia la stima di $\Delta\rho$ per ogni concentrazione. L'errore sull'asse delle ascisse, ossia l'errore sulla concentrazione, ΔC , è dovuto al solo errore sulle pesate dell'NaCl da versare, essendo il volume del matraccio noto con errore trascurabile.

Riportare in grafico la densità in funzione della concentrazione per ognuna delle soluzioni e per l'acqua distillata. Ogni punto sperimentale venga rappresentato con le sue barre di errore verticale e orizzontale.

Ricavate dal grafico la concentrazione delle soluzioni incognite.

Rappresentazione grafica e fitting dei dati sperimentali.

Anche dal punto di vista informatico il problema è interessante per lo studio delle funzioni di approssimazione, nel senso dei minimi quadrati per il *fitting* dei dati. Il modello matematico alla base del problema è di tipo lineare, ma a causa degli errori di misurazione, la distribuzione delle misurazioni non appartiene alla retta rappresentata da esso. Software come R e Matlab (ma anche fogli elettronici come Excel, Calc-LibreOffice) implementano funzioni matematiche per la rappresentazione di questi modelli approssimanti. Conseguentemente, si richiederà un grafico a dispersione dei dati in Tabella 1, fitting lineare “a mano libera” e regressione lineare nel senso dei minimi quadrati, nonché calcolo del coefficiente di correlazione lineare. Tempo permettendo, si tratteranno anche casi di approssimazione mediante modelli allometrici ed esponenziali.