

Determinazione durezza dell'acqua

Uno degli ioni metallici maggiormente presenti nelle acque è lo ione calcio (Ca^{2+}), spesso presente insieme allo ione magnesio (Mg^{2+}) ed, in misura minore, allo ione ferroso (Fe^{2+}). Questi ioni, che sono generalmente presenti come bicarbonati (HCO_3^-) o solfati (SO_4^{2-}), determinano la **durezza** dell'acqua, cioè tanto più è elevata la concentrazione dei suddetti sali inorganici tanto più è elevata la durezza dell'acqua. Un'elevata durezza dell'acqua è spesso causa di problemi. Un primo problema è il fatto che i sali di Ca^{2+} e Mg^{2+} producono dei precipitati gelatinosi a contatto con detersivi, limitando l'azione sgrassante di questi ultimi (riducendo la formazione di schiuma).

Un secondo problema determinato dalle acque dure è anche la formazione di depositi calcarei, cioè precipitati di sali minerali che provocano la formazione di incrostazioni che possono compromettere il funzionamento di macchine industriali o domestiche.

Da non sottovalutare è infine la pericolosità del consumo di acque potabili dure, in relazione all'insorgenza di calcolosi renali.

Da questo si capisce l'importanza della determinazione della durezza dell'acqua e del suo eventuale **addolcimento** (processo di rimozione parziale o totale dei sali di calcio, magnesio e ferro).

DEFINIZIONE:

Durezza totale = durezza temporanea + durezza permanente

Durezza temporanea: è dovuta a quei sali solubili (bicarbonati, HCO_3^-) che per ebollizione dell'acqua si trasformano in sali insolubili (carbonati, CO_3^{2-}) che precipitano:



La reazione evidenzia come una molecola di bicarbonato di calcio dia origine, per riscaldamento, ad una molecola di carbonato di calcio (CaCO_3) una molecola di anidride carbonica (CO_2) ed una molecola di acqua.

La durezza temporanea dell'acqua può essere determinata portandola all'ebollizione e lasciandola bollire per un certo intervallo di tempo; sulle pareti del recipiente si nota la formazione di un solido bianco costituito da CaCO_3 (derivante dalla reazione chimica sopra descritta) che può quindi essere filtrato e pesato.

Durezza permanente: è dovuta a sali di calcio e magnesio che non si decompongono per riscaldamento, come i solfati (SO_4^{2-}) ed i cloruri (Cl^-).

CaSO_4 (solfato di calcio) CaCl_2 (cloruro di calcio).

La durezza permanente deve essere determinata con analisi specifiche che prevedono l'utilizzo di reagenti aventi una elevata affinità con gli ioni Ca^{2+} e Mg^{2+}

Durezza totale: è la somma della durezza temporanea e di quella permanente.

Viene espressa in base al contenuto totale di calcio e magnesio, calcolato come CaCO_3 (scala in gradi francesi °F) o come CaO (ossido di calcio) (scala in gradi tedeschi, °D):

1 grado francese = 10 mg di CaCO_3 / litro di acqua

1 grado tedesco = 10 mg di CaO / litro di acqua

Nella nostra esperienza calcoleremo la durezza totale dell'acqua tramite una **titolazione complessiometrica**, utilizzando un "kit" contenente due soluzioni, un indicatore e una soluzione titolante, delle quali non conosciamo l'esatta composizione ma che possiamo descriverne il funzionamento attraverso lo studio della titolazione complessiometrica effettuata utilizzando EDTA (acido etilen-dioammino-tetra-acetico) come titolante e il Nero di eriocromo T come indicatore.

La titolazione complessiometrica sfrutta la formazione di un **composto di coordinazione** che consiste in una specie chimica costituita da uno ione metallico circondato da un numero variabile di ioni o molecole neutre ad esso legati. Ad esempio lo ione ferroso in soluzione acquosa non esiste come tale, ma viene solvatato dalle molecole di acqua formando un **esa-acquo-ione** (sei molecole di acqua circondano lo ione metallico disponendosi ai vertici di un ottaedro "fig. 1")

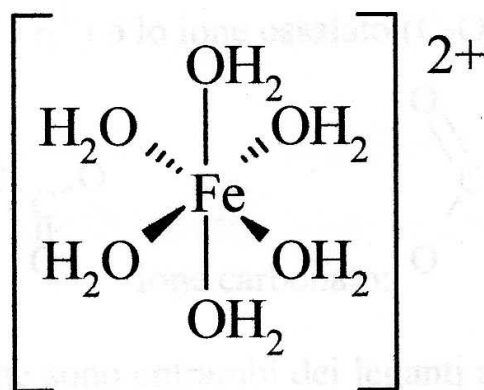


FIG. 1 : formula di struttura del complesso formato dallo ione ferro e l'acqua.

Le sei molecole di acqua vengono definite **donatori** di elettroni (o **legante**) mentre lo ione metallico viene chiamato **accettore** di elettroni. Il legame che si viene a formare tra atomo donatore e ione metallico si chiama legame **coordinativo** o di coordinazione mentre la nuova specie chimica viene chiamata **composto di coordinazione** o **complesso metallico**.

della soluzione acquosa nella quale si trova può instaurare tre diversi equilibri di deprotonazione. Ad ogni equilibrio è associato un prodotto che impartisce alla soluzione colorazioni differenti. L'indicatore, che viene aggiunto prima dell'inizio di aggiunta dell'EDTA, forma con gli ioni metallo presenti nell'acqua (a un determinato valore di pH garantito dall'aggiunta di una soluzione tampone) un complesso che conferisce alla soluzione una colorazione rosa. A questo punto gli ioni metallo nella soluzione possono trovarsi nelle seguenti forme:

- 1) liberi, (sotto forma di acquo-complessi)
- 2) complessati dalla soluzione tampone (complessi ammoniacali)
- 3) idrossidi di metallo (si formano a causa dell'elevato pH della soluzione)
- 4) complessati dall'indicatore

Quando l'EDTA viene aggiunto lentamente, questo va "a caccia" di ioni metallici e complessa, in ordine cronologico crescente, gli ioni liberi, gli idrossidi, complessi ammoniacali ed infine il complesso formato con l'indicatore. Nell'ultima fase andando a complessare gli ioni legati all'indicatore varia la specie protonata presente in soluzione dell'indicatore variando con essa la colorazione che l'indicatore conferisce alla soluzione ed individuando così la totale complessazione degli ioni metallici presenti in soluzione da parte dell'EDTA. A questo punto in base al consumo dell'EDTA si risale alla concentrazione degli ioni metallici in soluzione (dalla relazione "1") e quindi alla durezza dell'acqua.

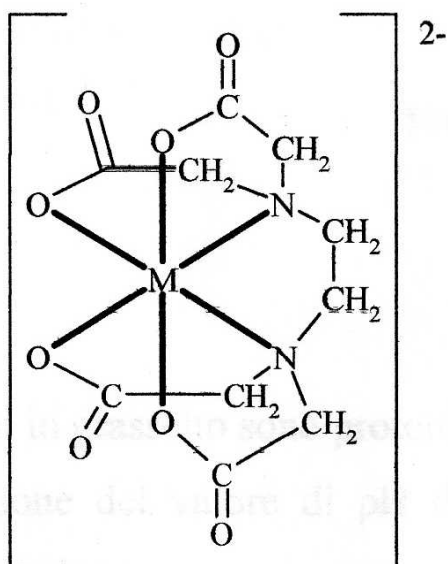


FIG. 2 : formula di struttura del complesso formato dall'EDTA con M (M sta per metallo, nello specifico Ca o Mg).