







Durezza totale dell'acqua

Materiale occorrente:

- una pipetta a una tacca da 100 ml;
- una buretta di schellbach da 25 ml (sensibilità 0,05 ml);
- una beuta da 250 ml.

Reattivi:

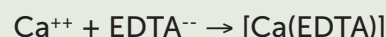
- EDTA ($\text{C}_{10}\text{H}_{14}\text{N}_2\text{O}_8\text{Na}_2$) sale disodico solido puro per analisi RPE   Indicazioni di pericolo: H332-373. Consigli di prudenza: P261 - 271-304+340 - 312 - 314;
- idrossido di ammonio (NH_4OH)    Indicazioni di pericolo: H314 - 335 - 400. Consigli di prudenza: P261 - 273 - 280 - 305+351+338;
- cloruro d'ammonio (NH_4Cl)  Indicazioni di pericolo: H302-319. Consigli di prudenza: P305+351+338;
- indicatore nero eriocromo T o NET ($\text{C}_{20}\text{H}_{12}\text{N}_3\text{O}_7\text{SNa}$);
- acqua distillata.

Potenziali pericoli:

- **vista la pericolosità dei reattivi lavorare sotto cappa, indossando i dispositivi di sicurezza!**

Principio

La **durezza totale** rappresenta le quantità di calcio e magnesio presenti nell'acqua naturale (acque potabili, di fiume, di lago, di mare, industriali ecc.). Si misura in gradi francesi (**°F**) che equivalgono ai grammi di calcio e di magnesio espressi come carbonato di calcio (CaCO_3) presenti in 100 litri di acqua. Esiste una scala in gradi tedeschi (**°T**), meno usata, che equivale ai grammi di calcio e di magnesio espressi come ossido di calcio (CaO) presenti in 100 litri di acqua. La titolazione si basa sulla reazione tra ioni calcio (Ca^{++}) e magnesio (Mg^{++}) e il sale disodico dell'acido etilendiamminotetraacetico (EDTANa_2):



Si forma il complesso calcio **EDTA** e magnesio **EDTA**, e questi due ioni vengono «sequestrati» dal complessante (**EDTA**). Impiegando a pH = 10 un indicatore sensibile alla presenza di ioni calcio (Ca^{++}) e magnesio (Mg^{++}) si può determinare il volume equivalente delle moli di **EDTA**. Il nero eriocromo T in soluzione acquosa a pH = 10, in presenza di ioni calcio (Ca^{++}) e magnesio (Mg^{++}) ha una colorazione rosa, mentre quando tutti gli ioni vengono «sequestrati» dall'**EDTA** manifesta una colorazione blu.

Intervallo di durezza (°F)	Descrizione dell'acqua
= 4	Molto dolce
> 4 ≤ 8	Dolce
> 8 ≤ 12	Mediamente dura
> 12 ≤ 18	Discretamente dura
> 18 ≤ 30	Dura
> 30	Molto dura

Tabella 1

Classificazione delle acque in funzione della loro durezza (espressa in gradi francesi)

Scale di durezza	Descrizione dell'acqua
Gradi francesi (°F)	g di CaCO_3 in 100 litri
Gradi tedeschi (°T)	g di CaC in 100 litri
Gradi inglesi (°I)	g di CaCO_3 in 70 litri
Gradi U.S.A. (°USA)	g di CaCO_3 su 1000 litri

Tabella 2 Le scale di durezza e la loro descrizione

Metodica

Si prelevano con la pipetta tarata a una tacca 100 millilitri di acqua potabile, di fonte o di acquedotto, si introducono poi in una beuta da 250 ml, si aggiungono 10 millilitri di tampone ammonico a pH = 10 e una punta di spatola di miscela all'1% di indicatore nero eriocromo-T (NET) con cloruro sodico (**NaCl**). Si ottiene così una soluzione di **colore rosa** (figura 1).

Il tampone ammonico a pH = 10 si prepara mescolando 70 grammi di cloruro ammonico (**NH₄Cl**) a 570 millilitri di soluzione concentrata di idrossido di ammonio (**NH₄OH**) al 32%, portando il volume complessivo in un matraccio a 1 litro. Nel frattempo si condiziona una buretta da 50 ml (0,1 ml di sensibilità) e si riempie poi con una soluzione titolata 0,01 M di sale disodico di **EDTA** (si può usare anche una NORMEX). La buretta viene preparata nel seguente modo:

- 1) si condiziona la buretta sciacquandola tre volte con piccole quantità (5-10 ml alla volta) di soluzione standard 0,0100 M di EDTA sale disodico (**EDTANa₂**) diidrato;
- 2) si riempie la buretta col reattivo (**EDTANa₂**);
- 3) si fa scendere il livello della soluzione all'interno della buretta fino a quando la linea spezzata della riga blu stampata sul retro della buretta Schellbach non è allineata allo zero della scala stampata frontalmente sulla medesima buretta.

Fare attenzione che all'interno della buretta non vi siano bolle d'aria, perché queste produrrebbero un errore nella misura del volume.



FIGURA 1 Titolazione prima del punto di viraggio



FIGURA 2 Titolazione al punto di viraggio

Attenzione: per evitare l'errore di parallasse allineare gli occhi alla linea spezzata della buretta Schellbach, regolando l'altezza della stessa per mezzo della pinza ragno di supporto!

Alla soluzione ammoniacale di acqua si aggiunge con la buretta la soluzione titolata 0,0100 M di **EDTANa₂**. Il volume viene aggiunto con un flusso iniziale massimo di due gocce al secondo per evitare che aderiscano alle pareti della buretta falsando la misura del volume. Nell'aggiunta dell'**EDTANa₂** si noterà che le gocce, al contatto con l'acqua, producono una colorazione azzurra che scompare quando si sciolgono nel liquido. Quando le gocce dell'**EDTANa₂** si decolorano con più difficoltà si procede lentamente goccia a goccia. Quando le moli di **EDTANa₂** equivalgono alle moli di ioni calcio (**Ca⁺⁺**) e magnesio (**Mg⁺⁺**) si ha il viraggio dell'indicatore nero eriocromo T dal rosa al blu (figura 2). A questo punto si legge sulla buretta il volume equivalente (**V_{eqEDTANa2}**) che deve essere **espresso in litri**.

Calcoli

Il principio dell'equivalenza afferma che:

$$\text{Moli}_{\text{Ca}+\text{Mg}} = \text{Moli}_{\text{EDTANa}_2}$$

Le moli di acido sono date dalla relazione:

$$\text{Moli}_{\text{Ca}+\text{Mg}} = \text{Mg}_{\text{CaCO}_3} / \text{MM}_{\text{CaCO}_3}$$

dove $\text{Mg}_{\text{CaCO}_3}$ è la massa (g) dei due cationi espressa come carbonato di calcio e $\text{MM}_{\text{CaCO}_3}$ è la massa molecolare del carbonato di calcio (100,09 g/mol). Le moli di EDTANa_2 sono date dalla relazione:

$$\text{Moli}_{\text{EDTANa}_2} = (\text{M}_{\text{EDTANa}_2} \cdot \text{V}_{\text{eqEDTANa}_2}) / 1.000 \text{ ml/l}$$

dove $\text{M}_{\text{EDTANa}_2}$ è la molarità della soluzione di EDTANa_2 e $\text{V}_{\text{eqEDTANa}_2}$ è il volume equivalente in millilitri. Si ha quindi:

$$\text{Mg}_{\text{CaCO}_3} / \text{MM}_{\text{CaCO}_3} = (\text{M}_{\text{EDTANa}_2} \cdot \text{V}_{\text{eqEDTANa}_2}) / 1.000 \text{ ml/l}$$

I grammi di carbonato di calcio in 100 millilitri acqua sono dati dalla seguente relazione:

$$\text{Mg}_{\text{CaCO}_3} = [(\text{MM}_{\text{CaCO}_3} \cdot \text{M}_{\text{EDTANa}_2}) \cdot \text{V}_{\text{eqEDTANa}_2}] / 1.000 \text{ ml/l}$$

Sostituendo i valori si ottiene:

$$\text{Mg}_{\text{CaCO}_3} = (100,09 \cdot 0,01\text{M} \cdot \text{V}_{\text{eqEDTANa}_2}) / 1.000 \text{ ml/l}$$

Che diventa:

$$\text{Mg}_{\text{CaCO}_3} = \text{V}_{\text{eqEDTANa}_2} / 1.000$$

Quindi esprimendo il volume equivalente ($\text{V}_{\text{eqEDTANa}_2}$) in millilitri di soluzione 0,01M di EDTANa_2 , si ottengono i grammi di ioni calcio (Ca^{++}) e magnesio (Mg^{++}) espressi come carbonato di calcio (CaCO_3) in 100 litri di acqua analizzata.

Attenzione: risulta chiaro che i millilitri di soluzione di EDTA sale disodico 0,01 M rilevati con la buretta corrispondono direttamente alla durezza totale in gradi francesi (°F).

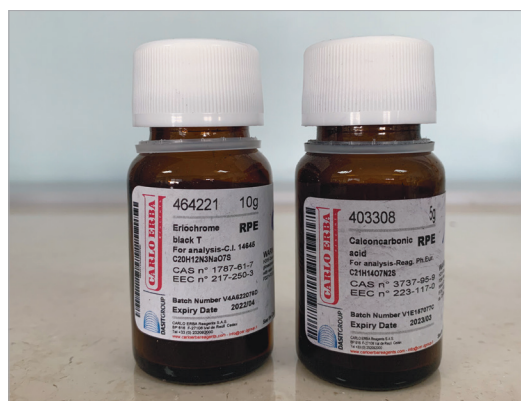


FIGURA 3 Indicatori metalocromici (NET e calcon)