

ANALISI QUALITATIVA: IDENTIFICAZIONE DI CATIONI



educación
Química

www.educacionquimica.info

educación
Química

REFLECTION

Remembering qualitative analysis.

The 175th Anniversary of Fresenius' Textbook: Part I ☆

William B. Jensen

Department of Chemistry, University of Cincinnati, Cincinnati OH 45221-0172, United States



The teaching of a course in systematic inorganic qualitative analysis was a staple of the undergraduate chemistry laboratory for nearly 140 years. Though such courses began to gradually disappear from the curriculum -at least in the United States - starting in the 1970s, 2016 was the 175th anniversary of the publication of what is perhaps the single most influential textbook on the subject - **Carl Remigius Fresenius "Anleitung zur qualitativen chemischen Analyse"** – and it seems appropriate to celebrate this event with a review of the history of this rapidly disappearing laboratory technique.

F. Clifford's 1961 text, *Inorganic Chemistry of Qualitative Analysis*. In his preface to this 500-page textbook, Clifford outlined the assumptions of such an approach (Clifford, 1961):

It has been long recognized by instructors of undergraduate chemistry that there is little need to teach qualitative analysis for its own sake. Actual analyses are very seldom carried out in this manner any longer. It is nevertheless true that the classical analytical scheme is one of the best vehicles ever devised for teaching the systematics of inorganic chemistry. The purpose of

When interviewed in 2010, Lagowski touched on his reasons for continuing to teach qualitative inorganic analysis (Cardellini, 2010):

I know that qualitative analysis is not very popular with many teaching chemists today, but I like the subject because it allows students to learn about descriptive chemistry in an interesting way. That is, students can be trained to do simple manipulation techniques in the laboratory - measuring, mixing, observing, estimating - in the context of a simple unknown. For example, given access to the substances hydrochloric acid, aqueous solutions of sodium carbonate, silver nitrate, and sodium hydroxide, all in unmarked containers, place the appropriate correct labels on the containers. You may recognize this "qual problem" as a version of the 10 solution experiment.

Clifford also went on to make the points outlined above concerning the pedagogical consequences of the overuse of organic reagents and spot tests (Clifford, 1961):

The laboratory procedures have been selected for their pedagogical worth rather than for their analytical utility. For example, the detection of strontium is accomplished with a saturated calcium sulfate solution in order to demonstrate the trend of solubilities of the alkaline-earth sulfates, rather than, for example, by complexing calcium with triethanolamine which, from the analytical point of view, is more satisfactory but which teaches very little. For the same reason, the use of organic spot test reagents has been reduced to a minimum to emphasize inorganic reagents which perhaps are less satisfactory analytically but which nevertheless illustrate fundamental inorganic chemistry better.

In many ways these reasons are similar to those voiced by Louis Hammett more than 75 years earlier and which are as valid today as when they were first written (Hammett, 1929):

The most valuable thing to be gained from a scientific education is the ability to find things out by experiment. Descriptive experiments whose results can be foretold by reference to the textbook are not good examples of scientific method, and it is precisely to the most intelligent students that they are most tiresome ... It is the great virtue of analytical chemistry as a teaching instrument that it sets problems which can only be answered by experimentation.

ANALISI QUALITATIVA: IDENTIFICAZIONE DI CATIONI

Alcune nozioni di base

L'analisi chimica qualitativa ha come obiettivo l'individuazione della natura di una sostanza o di una miscela di sostanze

1) Reazioni specifiche

Reazioni che possono essere utilizzate anche in **PRESENZA di altri ioni** senza che **INTERFERISCANO** nel risultato



NB: la maggior parte delle reazioni diventa SPECIFICA in opportune condizioni sperimentali
(**per esempio, dopo l'eliminazione di alcuni ioni interferenti**)

2) Procedimento sistematico

Quando è sconveniente utilizzare reazioni specifiche, la ricerca si esegue

dopo aver ricercato/eliminato tutti i possibili IONI INTERFERENTI

L'analisi viene eseguita secondo un ordine preciso

(ANALISI SISTEMATICA)

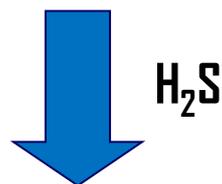
ANALISI QUALITATIVA: IDENTIFICAZIONE DI CATIONI

Alcune nozioni di base

Gli ioni vengono separati **NON singolarmente ma in GRUPPI**, utilizzando proprietà caratteristiche di un certo numero di ioni rispetto a determinati reattivi, che vengono denominati **REATTIVI DI GRUPPO**

Es.:

As, Sb, Sn, Hg, Pb, Bi, Cu, Cd presenti in un'unica soluzione di HCl



PRECIPITANO COME **SOLFURI POCO SOLUBILI**
(separazione)

ANALISI QUALITATIVA: IDENTIFICAZIONE DI CATIONI

In questa esperienza si dovrà **separare una miscela costituita da un certo numero di cationi** compresi tra i seguenti:

NH_4^+ , Ag^+ , Cu^{2+} , Mn^{2+} , Fe^{3+} (e Fe^{2+}), Ni^{2+} , Al^{3+} , Zn^{2+}

Analisi sistematica tradizionale (Bunsen, Fresenius)

Se si esclude **lo ione NH_4^+ che viene identificato con una reazione specifica** effettuata direttamente nella soluzione della miscela di sali, gli altri cationi vengono **suddivisi in quattro gruppi e successivamente identificati mediante reazioni selettive**

1° gruppo

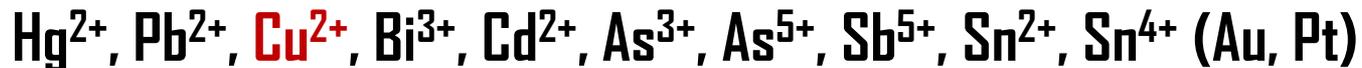
Cationi che formano **CLORURI** poco solubili e che precipitano da soluzioni neutre o acide (HNO_3) per trattamento con **HCl**

Ag^+ , Hg^+ , Pb^{2+} , (Tl^+)

ANALISI QUALITATIVA: IDENTIFICAZIONE DI CATIONI

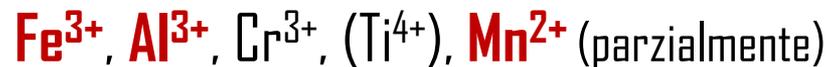
II° gruppo

Cationi che, dopo **ELIMINAZIONE** del I° gruppo,
reagiscono con **H₂S** formando **SOLFURI** talmente **INSOLUBILI**
da precipitare in **soluzione molto acida (pH ≤ 0.5)**



III° gruppo

Cationi che, **dopo ELIMINAZIONE** del I° e del II° gruppo, reagiscono con **NH₄OH** formando **IDROSSIDI** poco solubili
(in presenza di **NH₄Cl**, cioè **in soluzione tamponata a pH 9**)



(in particolari condizioni anche **Co²⁺**, **Zn²⁺**)

ANALISI QUALITATIVA: IDENTIFICAZIONE DI CATIONI

IV° gruppo

Cationi che, **esclusi quelli del I°, del II° gruppo e del III° gruppo,**

non vengono precipitati da H_2S a $\text{pH} < 0.5$,

nè da $\text{NH}_4\text{OH}/\text{NH}_4\text{Cl}$ a $\text{pH} 9$,

ma come **SOLFURI** da H_2S a $\text{pH} > 0.5$ ($\rightarrow \text{pH} \approx 9$)

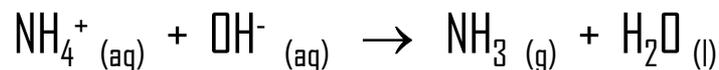
Zn^{2+} , Fe^{2+} , Ni^{2+} , Mn^{2+}

ANALISI QUALITATIVA: IDENTIFICAZIONE DI CATIONI

PROCEDURA SPERIMENTALE DA ESEGUIRE RIGOROSAMENTE IN SEQUENZA

[1] Identificazione dello ione ammonio NH_4^+

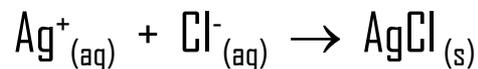
Lo ione NH_4^+ è stabile in soluzione acida; in soluzione basica si sviluppa ammoniaca gassosa:



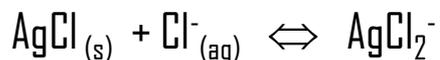
1. Versare 1 ml di soluzione contenente la miscela di cationi in una provetta.
2. Aggiungere 5 gocce di NaOH conc. Si libera NH_3 dal caratteristico odore (se necessario scaldare leggermente in bagno di acqua calda).
3. Verificare la produzione di NH_3 ponendo all'imboccatura della provetta un pezzo di cartina indicatrice inumidito (la presenza di ammoniaca è indicata dalla comparsa del colore corrispondente ad un pH basico).

[2] Precipitazione dei cloruri insolubili

Lo ione Ag^+ precipita da una soluzione contenente ioni Cl^- come AgCl , **sale insolubile bianco**:



Non si deve operare con un largo eccesso di ioni Cl^- per evitare la formazione dello ione complesso solubile AgCl_2^- :



ANALISI QUALITATIVA: IDENTIFICAZIONE DI CATIONI

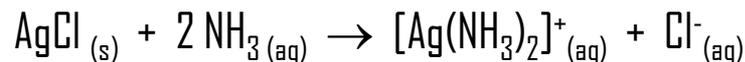
- Prelevare 4 ml di soluzione contenente la miscela di cationi e versarli in una provetta da centrifuga.
- Aggiungere circa 1 ml di HCl conc.
- Centrifugare.
- Il precipitato bianco è dovuto ad AgCl, il surnatante contiene gli altri cationi che non precipitano come cloruri.
- Separare il surnatante versandolo in una provetta.
- Aggiungere qualche goccia di HCl conc. al surnatante per verificare la completa precipitazione dello ione Ag⁺. Qualora precipitasse altro AgCl, centrifugare nuovamente per eliminare il precipitato.
- Conservare il surnatante per le analisi ulteriori (operazione [4] e seguenti).
- L'identificazione del precipitato verrà effettuata con l'operazione [3].

[3] Identificazione del catione Ag⁺

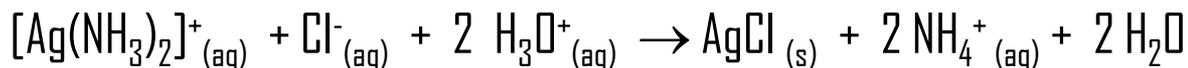
- Aggiungere 2 ml di NH₃ conc. al precipitato di AgCl ottenuto nell'operazione [2].

Il sale insolubile AgCl si scioglie in soluzione ammoniacale con formazione dello ione **complesso solubile**

diamminoargento [Ag(NH₃)₂]⁺ (trasparente):



Lo ione [Ag(NH₃)₂]⁺ è instabile in soluzione acida. **Aggiungere alcune gocce HNO₃ fino a pH acido:** si ha la reazione e si forma ancora AgCl, **confermando la presenza di Ag⁺**



ANALISI QUALITATIVA: IDENTIFICAZIONE DI CATIONI

[4] Precipitazione dei solfuri insolubili a $\text{pH} \leq 0.5$ (CuS)

1. Riprendere il surnatante ottenuto nell'operazione [2].
2. Verificare con la cartina indicatrice che il pH sia ≤ 0.5 , altrimenti aggiungere HCl conc. fino a tale valore.
3. Aggiungere 30 gocce di soluzione di tioacetammide e scaldare per qualche minuto in bagno di acqua calda ($\approx 95^\circ\text{C}$). Attenzione: operare sotto cappa ed evitare di respirare i vapori.



PINZA DI LEGNO

4. Raffreddare e centrifugare.
5. Dopo la centrifugazione verificare che non si formi più precipitato ripetendo l'aggiunta di tioacetammide (qualche goccia).
6. Il precipitato contiene CuS nero ed eventualmente tracce di S elementare, il surnatante contiene gli altri ioni in soluzione che non precipitano come solfuri in queste condizioni.
7. Separare il surnatante e conservarlo per le analisi ulteriori (operazione [6] e successive) ponendolo direttamente in una provetta da centrifuga.
8. Lavare il precipitato con NH_4NO_3 ed eliminare le acque di lavaggio. L'identificazione del precipitato verrà effettuata con l'operazione [5].

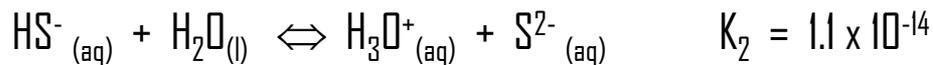
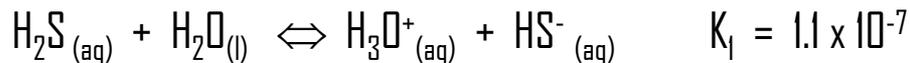
ANALISI QUALITATIVA: IDENTIFICAZIONE DI CATIONI

Il solfuro di Cu^{2+} è insolubile in soluzioni acide di concentrazione almeno 3 M, $\text{pH} = 0.5$. A $\text{pH} \geq 0.5$, precipitano i solfuri degli altri cationi. Il controllo del pH è estremamente importante perché determina la quantità di ione solfuro S^{2-} presente in soluzione. Per la precipitazione del CuS si utilizza una soluzione acquosa di acido solfidrico H_2S , preparata per degradazione termica in H_2O di **tioacetamide** CH_3CSNH_2 , secondo la reazione:



H_2S è un gas maleodorante e tossico. Per questo motivo si preferisce generarlo direttamente in situ per ridurne al minimo la quantità utilizzata (**SOTTO CAPP**).

Lo ione solfuro S^{2-} è prodotto dalla dissociazione in acqua di H_2S , acido debole diprotico:



Ad alte concentrazioni di H_3O^+ (basso valore di pH) gli equilibri sono spostati verso sinistra ed in soluzione vi è una concentrazione di S^{2-} molto bassa. Diminuendo la concentrazione di H_3O^+ gli equilibri si spostano verso destra e la concentrazione di S^{2-} in soluzione aumenta.

Il solfuro di rame **CuS (NERO)** precipita già in soluzioni a $\text{pH} \leq 0.5$ perché è particolarmente insolubile, e necessita della presenza di una quantità molto piccola di ioni S^{2-} per precipitare. L'aumento di pH con conseguente aumento di ioni S^{2-} induce la precipitazione dei solfuri degli altri cationi che sono relativamente più solubili.

ANALISI QUALITATIVA: IDENTIFICAZIONE DI CATIONI

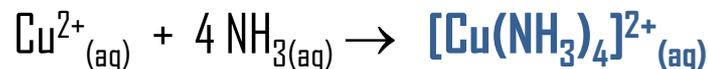
[5] Identificazione del catione Cu^{2+}

1. Aggiungere 1-2 ml di HNO_3 conc al precipitato di CuS .
2. Scaldare in bagno di acqua calda fino alla dissoluzione del precipitato (potrebbe essere necessario scaldare direttamente sulla fiamma). Attenzione: operare sotto cappa e non respirare i vapori che si liberano nella reazione.
3. Raffreddare ed eliminare S che si produce nella reazione utilizzando una bacchetta di vetro.
4. Aggiungere con cautela alcune gocce di NH_3 conc. (si ha un notevole sviluppo di calore).
5. La formazione di una soluzione blu, dovuta al complesso tetrammino-Cu(II), $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$, indica la presenza di ioni Cu^{2+} .

CuS viene dissolto in HNO_3 che ossida lo ione S^{2-} a zolfo elementare S riducendosi ad NO :



Il catione Cu^{2+} in soluzione viene complessato da NH_3 :

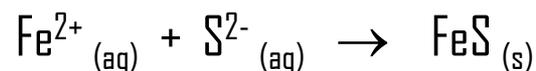
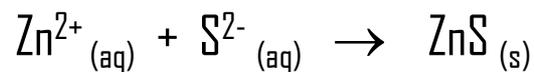
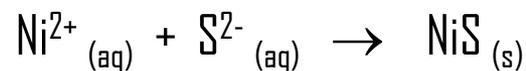
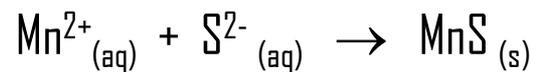


ANALISI QUALITATIVA: IDENTIFICAZIONE DI CATIONI

[6] Precipitazione di solfuri insolubili a pH > 0.5

1. Riprendere il surnatante ottenuto nell'operazione [4].
2. Aggiungere 2 ml di soluzione di NH_4Cl
3. Aggiungere NH_3 fino ad avere una soluzione basica (verificare con la cartina indicatrice).
4. Aggiungere 10-15 gocce di soluzione di tioacetammide e scaldare per qualche minuto in bagno di acqua calda ($\approx 95^\circ\text{C}$). Attenzione: operare sotto cappa e non respirare i vapori.
5. Raffreddare e centrifugare.

I cationi **Mn^{2+} , Ni^{2+} , Zn^{2+} , Fe^{2+}** , in soluzione basica contenente ioni **S^{2-}** danno solfuri insolubili:



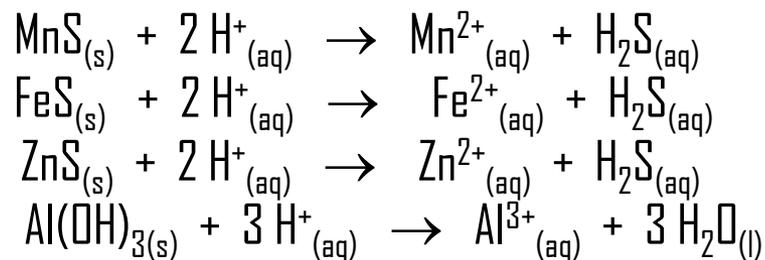
6. Il precipitato contiene i solfuri MnS , NiS , FeS , ZnS e l'idrossido $\text{Al}(\text{OH})_3$. Il surnatante contiene i cationi che non hanno reagito in queste condizioni.
7. Separare il surnatante e gettarlo nei rifiuti acquosi.
8. Lavare il precipitato con H_2O ed eliminare le acque di lavaggio. L'ulteriore separazione del precipitato verrà effettuata nell'operazione [7] e seguenti.

ANALISI QUALITATIVA: IDENTIFICAZIONE DI CATIONI

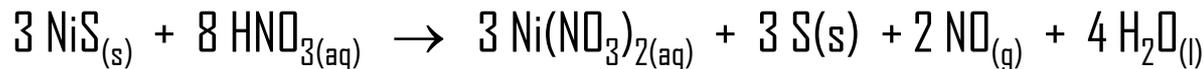
[7] Dissoluzione del precipitato di MnS , NiS , FeS , ZnS e Al(OH)_3

1. Riprendere il precipitato ottenuto nell'operazione [6].
2. Aggiungere 10 gocce di HCl conc. e 15 gocce di HNO_3 conc..
3. Scaldare in bagno di acqua calda ($\approx 95^\circ\text{C}$) fino a dissoluzione del precipitato. Si separa zolfo elementare.
4. Raffreddare ed eliminare S elementare con una bacchetta (se necessario centrifugare).
5. Conservare la soluzione per l'operazione [8] e seguenti.

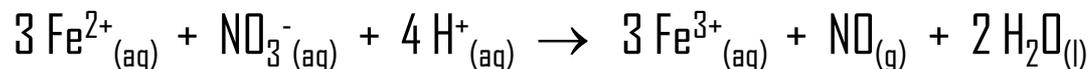
I solfuri MnS , FeS , ZnS e l'idrossido Al(OH)_3 si sciolgono in acidi forti:



Per sciogliere NiS è necessario un acido ossidante come HNO_3 :



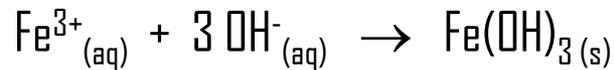
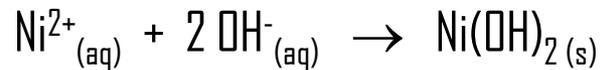
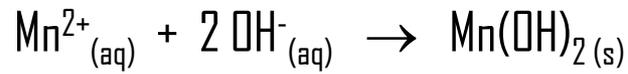
HNO_3 ossida anche Fe^{2+} a Fe^{3+} :



ANALISI QUALITATIVA: IDENTIFICAZIONE DI CATIONI

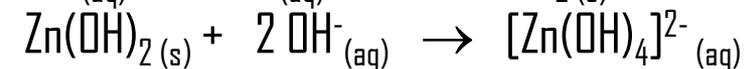
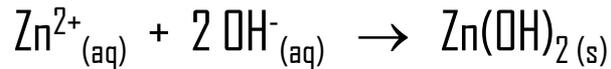
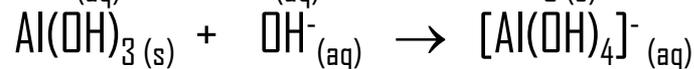
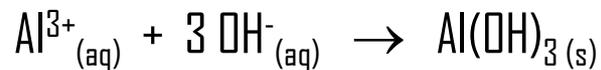
[8] Separazione dei cationi Mn^{2+} , Ni^{2+} , Fe^{3+} dai cationi Zn^{2+} e Al^{3+}

L'aggiunta della base forte **NaOH** alla soluzione di dissoluzione dei solfuri (punto [7]) induce la precipitazione degli **idrossidi insolubili di Mn^{2+} , Ni^{2+} , Fe^{2+}** :



CROGIOLO DI PORCELLANA

Gli idrossidi di Zn^{2+} e Al^{3+} non precipitano ma, essendo anfoteri, in presenza di una base forte formano idrossoalluminati ed idrossozincati solubili:



PINZA DI FERRO

ANALISI QUALITATIVA: IDENTIFICAZIONE DI CATIONI

[8] Separazione dei cationi Mn^{2+} , Ni^{2+} , Fe^{3+} dai cationi Zn^{2+} e Al^{3+}

1. Riprendere il surnatante ottenuto nell'operazione [7] e trasferirlo in un crogiolo.
2. Scaldare con cautela sulla piastra fino ad ottenere un residuo umido. Attenzione: non portare a secco la soluzione.
3. Aggiungere ancora 1-2 ml di HNO_3 conc. e ripetere l'operazione precedente fino alla formazione del residuo umido.
4. Sciogliere il residuo in 3-4 ml di H_2O .
5. Trasferire la soluzione in una provetta da centrifuga.
6. Aggiungere 2 ml di $NaOH$ conc.. Si forma un precipitato contenente una miscela di idrossidi insolubili: $Mn(OH)_2$, $Ni(OH)_2$, $Fe(OH)_3$. Il surnatante contiene alluminati $[Al(OH)_4]^-$ e zincati $[Zn(OH)_4]^{2-}$ solubili.
7. Centrifugare.
8. Lavare il precipitato con 5 gocce di $NaOH$ conc., centrifugare e unire le acque di lavaggio al surnatante. L'ulteriore separazione del precipitato verrà effettuata nell'operazione [9] e seguenti.



CROGIOLO DI PORCELLANA



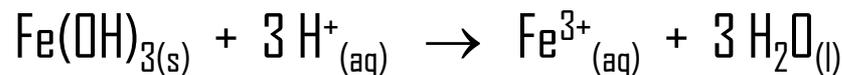
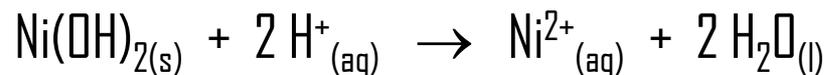
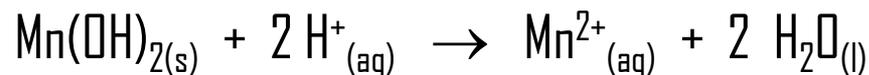
PINZA DI FERRO

ANALISI QUALITATIVA: IDENTIFICAZIONE DI CATIONI

[9] Dissoluzione del precipitato di Mn(OH)_2 , Ni(OH)_2 , Fe(OH)_3

1. Riprendere il precipitato ottenuto nell'operazione [8].
2. Aggiungere 2 ml di HNO_3 conc. e sciogliere il precipitato. Potrebbe essere necessario scaldare in bagno di acqua calda per completare la dissoluzione del precipitato ($\approx 95^\circ\text{C}$).
3. La soluzione ottenuta verrà parzialmente utilizzata per l'identificazione dello ione Mn^{2+} (operazione [10]) e per le analisi successive (operazione [11] e seguenti).

In acido nitrico gli idrossidi si sciolgono secondo le reazioni:



[10] Identificazione del catione Mn^{2+}

1. Prelevare 0.5 ml circa di soluzione ottenuta nell'operazione [9] e versarli in una provetta e aggiungere una piccola quantità di bismutato di sodio NaBiO_3 solido.

Il bismutato di sodio NaBiO_3 è un forte ossidante, in grado di ossidare lo ione Mn^{2+} a MnO_4^- secondo la reazione:



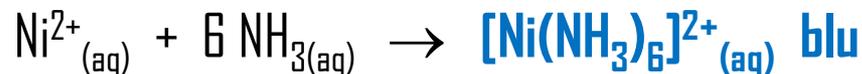
La scomparsa del colore viola dopo la formazione è dovuta alla presenza di ioni cloruro Cl^- che vengono ossidati dal permanganato.

ANALISI QUALITATIVA: IDENTIFICAZIONE DI CATIONI

[11] Separazione dei cationi Ni^{2+} e Fe^{3+}

1. Riprendere la quantità rimanente di soluzione ottenuta nell'operazione [9] e trasferirla in una provetta da centrifuga.
2. Aggiungere 10 gocce circa di NH_4Cl .
3. Aggiungere NH_3 a gocce fino ad avere una soluzione basica (verificare con la cartina indicatrice). A questo punto aggiungere ancora qualche goccia di NH_3 per operare in eccesso di reagente.
4. Si forma un precipitato bruno di $\text{Fe}(\text{OH})_3$. Il surnatante contiene il catione complesso blu solubile esaammino- $\text{Ni}(\text{II})$, $[\text{Ni}(\text{NH}_3)_6]^{2+}$.
5. Centrifugare.
6. Separare il surnatante e conservarlo in una provetta per l'analisi successiva (operazione [13]).
7. Il precipitato verrà analizzato nell'operazione [12].

In una soluzione basica precipita $\text{Fe}(\text{OH})_3$. In presenza di un eccesso di NH_3 il catione Ni^{2+} forma il catione esaammino complesso solubile:



ANALISI QUALITATIVA: IDENTIFICAZIONE DI CATIONI

[12] Identificazione del catione Fe^{3+}

1. Riprendere il precipitato ottenuto nell'operazione [11].
2. Sciogliere il precipitato con HCl conc.
3. Aggiungere 2 gocce di tiocianato d'ammonio NH_4SCN .
4. La comparsa di un colore rosso sangue dovuto alla formazione del complesso $[\text{Fe}(\text{SCN})_6]^{3-}$ indica la presenza di Fe^{3+} .

$\text{Fe}(\text{OH})_3$ si scioglie in acidi. L'aggiunta di ione tiocianato SCN^- porta alla formazione del complesso $[\text{Fe}(\text{SCN})_6]^{3-}$:



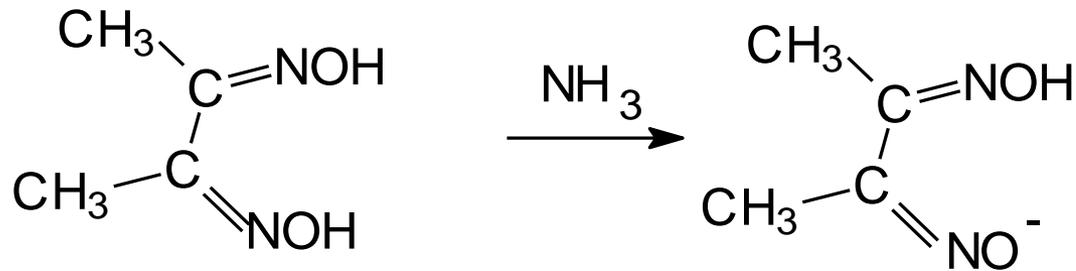
ANALISI QUALITATIVA: IDENTIFICAZIONE DI CATIONI

[13] Identificazione del catione Ni^{2+}

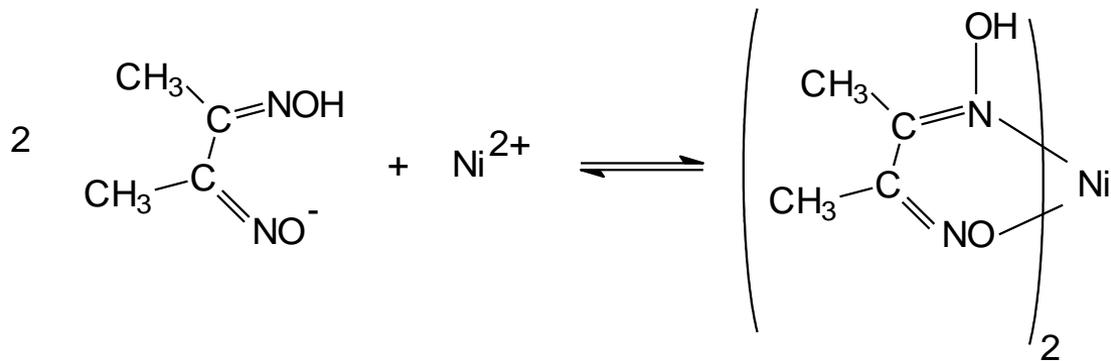
1. Riprendere il surnatante ottenuto nell'operazione [11].
2. Aggiungere 3 gocce di soluzione di dimetilgliossima (H_2DMG). La dimetilgliossima (H_2DMG) è un reagente organico in grado di complessare lo ione Ni^{2+} come ione dimetilgliossimato (HDMG^-).



Lo ione (HDMG^-) si forma per reazione acido-base con NH_3



e si lega allo ione Ni^{2+} per dare il complesso dal caratteristico **color rosa-rosso**



ANALISI QUALITATIVA: IDENTIFICAZIONE DI CATIONI

Alcune nozioni di base

ANCORA QUALCHE INFO SULLA PRECIPITAZIONE

Riscaldando ed agitando una soluzione contenente un precipitato si ottiene:

- diminuzione della viscosità della soluzione
- diminuzione della densità della soluzione
- aumento del diametro delle particelle
- aumento della densità delle particelle



DIGESTIONE DI UN PRECIPITATO

$$v = \frac{d^2(\rho - \rho_0) g}{18 \eta}$$

LEGGE DI STOKES

v = velocità di sedimentazione

d = diametro medio della particella

ρ = densità delle particelle

ρ_0 = densità della soluzione

g = accelerazione di gravità

η = viscosità della soluzione

L'aumento di **v** si ottiene:

- aumentando il diametro delle particelle
- aumentando la differenza $\rho - \rho_0$
- aumentando l'accelerazione dovuta alla gravità **g**
- diminuendo la viscosità del mezzo η

ANALISI QUALITATIVA: IDENTIFICAZIONE DI CATIONI

Alcune nozioni di base

CENTRIFUGAZIONE

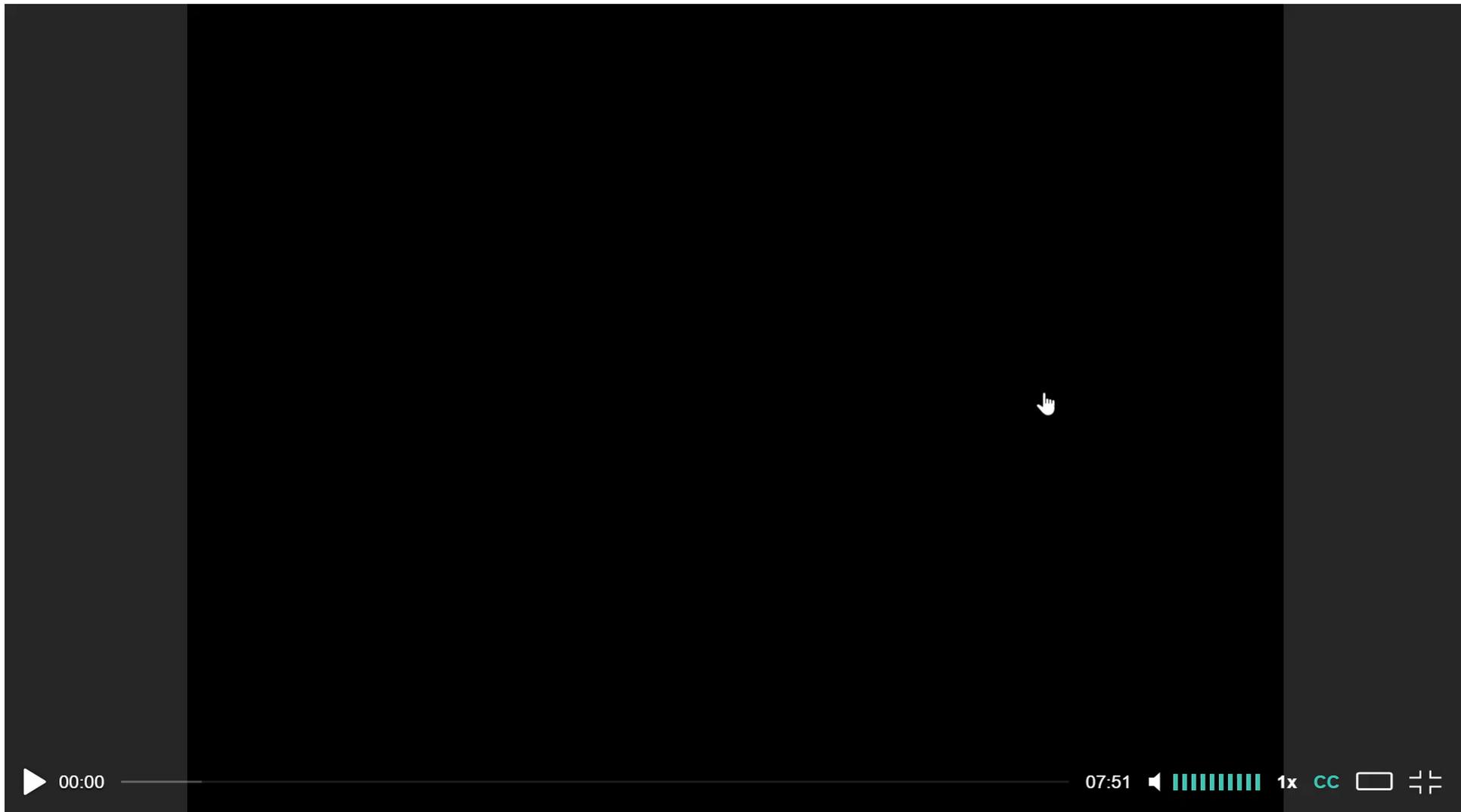
La centrifugazione è una tecnica che consente di separare un precipitato da una soluzione. Essa si esegue con appositi apparecchi, rotanti ad alta velocità, detti centrifughe, azionati elettricamente.

La centrifugazione:

- sostituisce la filtrazione
- è più rapida della filtrazione e permette di separare quantità anche molto piccole di precipitati, praticamente senza perdite.

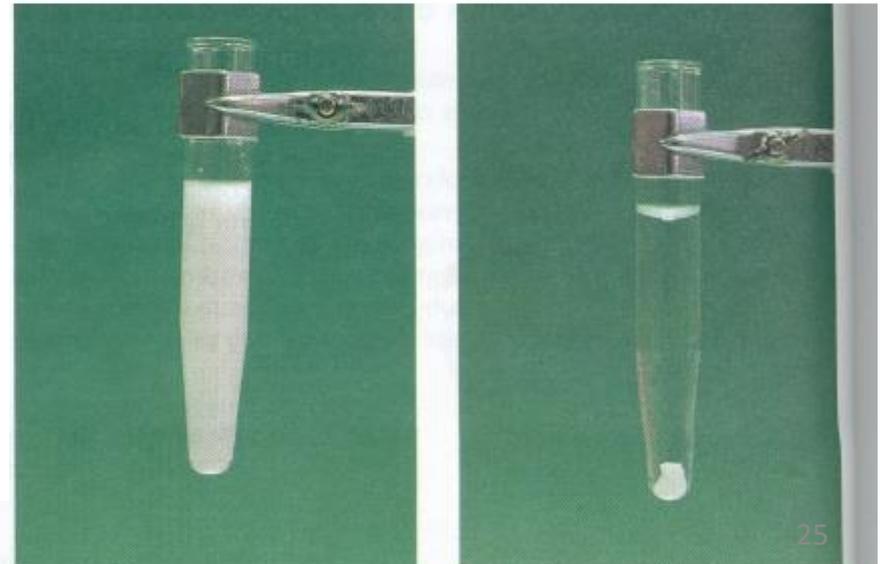
Per azione della forza centrifuga, il precipitato viene spinto nel fondo della provetta, dove si deposita così compatto che il liquido sovrastante può essere allontanato per aspirazione con un contagocce.

CENTRIFUGAZIONE



ANALISI QUALITATIVA: IDENTIFICAZIONE DI CATIONI

Dopo aver caricato la centrifuga con le provette ed aver chiuso il coperchio, è necessario impostare la velocità ed il tempo di centrifugazione. Velocità e tempo di centrifugazione dipendono dal tipo di precipitato che deve essere separato.



ANALISI QUALITATIVA: IDENTIFICAZIONE DI CATIONI

Alcune nozioni di base

PRECAUZIONI PER L'IMPIEGO DELLA CENTRIFUGA

- ✓ Non riempire eccessivamente le provette da centrifuga.
- ✓ Assicurarsi che il materiale con cui è realizzata la provetta regga la velocità di centrifugazione voluta per evitare la rottura della provetta.
- ✓ Etichettare le provette prima di inserirle nella centrifuga per evitare scambi di campione
- ✓ Inserire le provette nei tubi dell'elemento rotante disponendole a coppie in posizione simmetrica a 180° rispetto al centro.

**Ogni provetta deve essere bilanciata da un'altra provetta dello stesso peso
dalla parte opposta dell'elemento.**

GUANTI E OCCHIALI!!!

**I REATTIVI SI TROVANO IN SCATOLE SOPRA I
BANCONI. OGNI REATTIVO HA UNA PIPETTA...NON
SCAMBIATELE ATRIMENTI INQUINATE
CIASCUN REAGENTE**

Prime operazioni da effettuare in lab

**RIEMPIRE UN BEAKER da 600mL con acqua, inserire
ancoretta magnetica e porre il beaker su piastra
riscaldante a 150°C, in modo da portare l'acqua
all'ebollizione.**