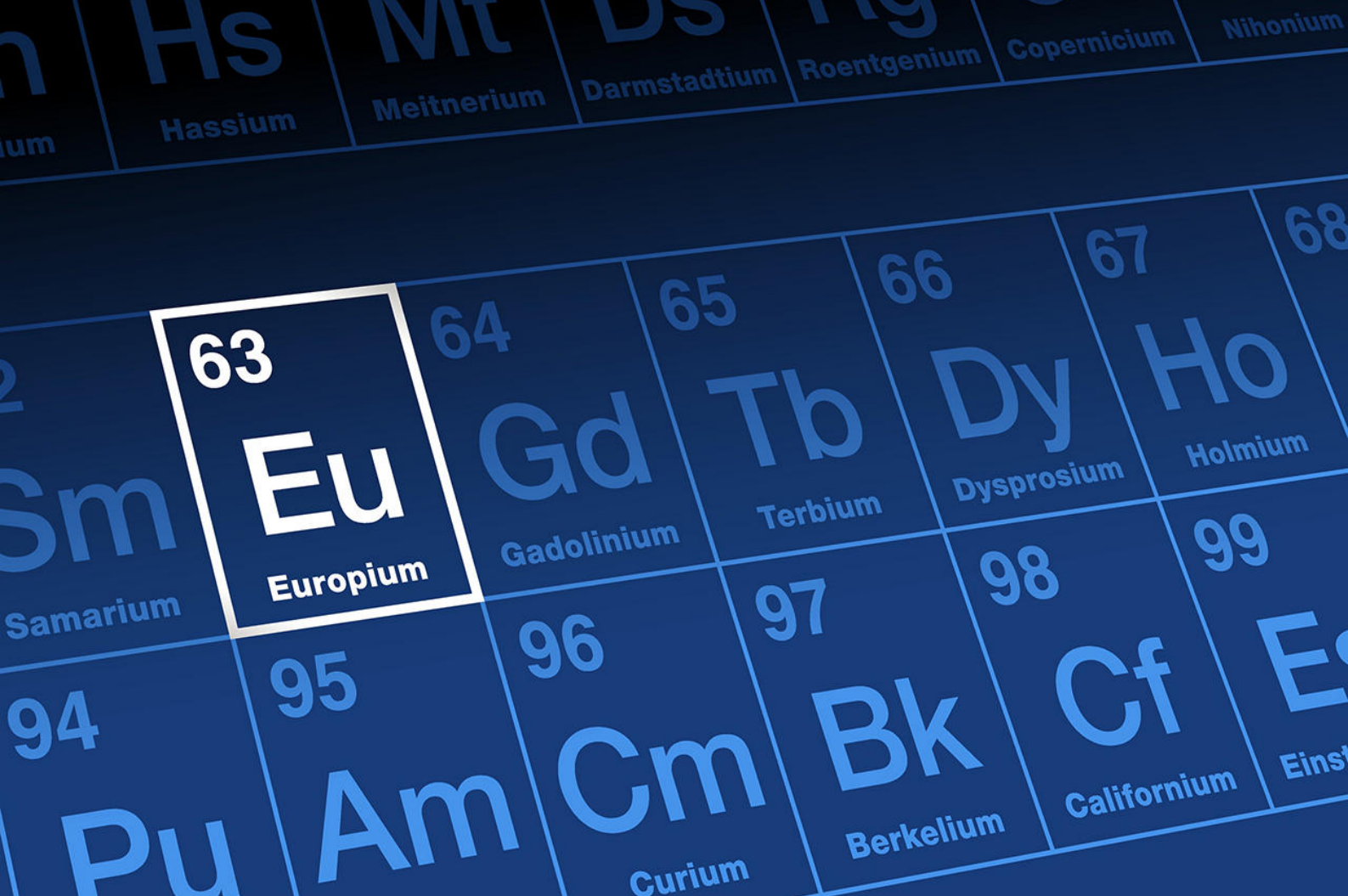




#### Application Note AN-T-250

# Potentiometric analysis of rare earth elements (REEs)

Accurate and precise back-titration of rare earth elements with the copper-selective electrode

Rare earth metals are comprised of 17 elements including the lanthanide series as well as the elements scandium and yttrium. These REEs are primarily used in batteries, nanotechnology, photovoltaics, medical technology, aerospace, and military technology.

The concentrations of REEs in ore and rock must be measured to determine the viability of a rare earth deposit. After crushing, the ores are dissolved, separated, and purified, and the REEs, along with

other elements, are monitored throughout this stage. Determining the mass fraction of rare earth metals here is crucial and involves significant effort.

This Application Note presents a rapid and precise back-titration method using the Cu-ISE, which clearly separates a number of rare earth metals, even when they are combined with other elements, and enables them to be analyzed with nearly 100% recovery.

## INTRODUCTION

Alongside gravimetry, rare earth metals titration is an absolute method which is often used as a reference for chromatographic and spectroscopic methods. As sample preparation for titration and ICP (inductively coupled plasma) is virtually identical, titration offers unbeatable cost and effort advantages in this case. Furthermore, back-titration is highly flexible and can be adapted to individual customer samples. Titration can therefore certainly be used as a rapid on-site analytical method.

A standardized ethylenediaminetetraacetic acid

(EDTA) solution is added in excess to the dissolved and buffered rare earth sample ( $\text{Ln}^{3+}$ ). An EDTA-metal complex then forms. Any unused EDTA is then back-titrated with copper sulfate.

The following reactions offer a highly simplified description of the titration:



The amount of rare earth content can be calculated based on the amount of copper sulfate used.

## SAMPLE AND SAMPLE PREPARATION

This application is demonstrated on yttrium, scandium, lanthanum, cerium, and neodymium standard solutions. In addition, testing was performed on a mixture of lanthanum and scandium, as well as a

synthetic mineral sample that closely resembles steenstrupine.

No sample preparation is required.

## EXPERIMENTAL

The determination is carried out using an OMNIS Sample Robot S – WSM, an OMNIS Professional Titrator equipped with OMNIS Dosing Modules, as well as a copper-selective electrode (Figure 1).

An appropriate amount of sample is weighed into the titration beaker, and acetate buffer as well as standardized EDTA solution are added. After a waiting time, the solution is titrated until after the first or second equivalence point with standardized  $\text{CuSO}_4$  solution.



**Figure 1.** OMNIS Sample Robot S – WSM equipped with an OMNIS Titrator, dosing modules, and copper-selective electrode for the automated determination of rare earth samples.

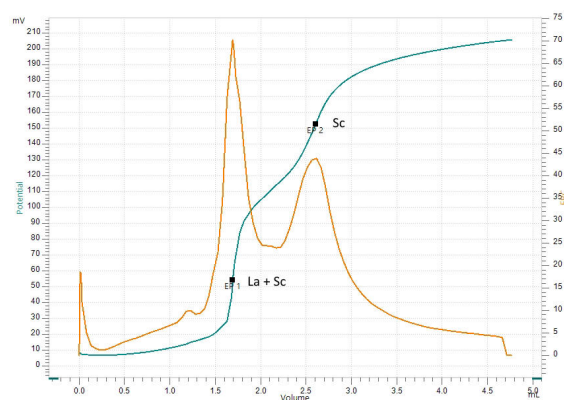
## RESULTS

As shown in **Table 1**, the results for the REE standards present high recovery rates and confirm the robustness of the back-titration.

**Table 2** shows the results for the lanthanum and scandium sample mixture. This demonstrates the potential for separating the two rare earth elements, with good recovery rates for both.

The result of the synthetically made REE mineral «steenstrupine» with a mass concentration of 8.000 g/L of cerium and an approximate molecular composition of  $\text{Na}_{7.9}\text{H}_x\text{Ce}_6\text{Mn}_{1.6}\text{Fe}_{1.8}\text{Zr}_{0.3}\text{P}_{4.5}\text{Si}_{1.7}\text{Cl}_{4.4}\text{N}_{7.9}\text{S}_6\text{O}_Y$  is summarized in **Table 3**.

An exemplary titration curve of a mixture of lanthanum and scandium is given in **Figure 2**.



**Figure 2.** Back-titration of a mixture of lanthanum and scandium with the Cu-ISE. EP1 corresponds to the sum of lanthanum and scandium. EP2 corresponds only to scandium.

**Table 1.** Results of the potentiometric titration of rare earth elements with the Cu-ISE (n = 6).

| Sample (n = 6) | Content (g/L) | Recovery (%) |
|----------------|---------------|--------------|
| Yttrium        | 10.07         | 100.9        |
| Scandium       | 10.07         | 100.6        |
| Lanthanum      | 13.88         | 99.6         |
| Cerium         | 16.01         | 100.1        |
| Neodymium      | 10.06         | 100.6        |

**Table 2.** Results of the sample mixture lanthanum and scandium by back-titration with the Cu-ISE (n = 2).

| Sample (n = 2) | Content (g/L) | Recovery (%) |
|----------------|---------------|--------------|
| Lanthanum      | 6.88          | 98.7         |
| Scandium       | 5.13          | 102.4        |

**Table 3.** Results of the REE mineral determination in «steenstrupine» by back-titration with the Cu-ISE (n = 3).

| Sample (n = 3) | Content Ce(III) (g/L) | Recovery (%) |
|----------------|-----------------------|--------------|
| Steenstrupine  | 7.93                  | 99.1         |

## CONCLUSION

Back-titration is a cost-effective and precise alternative to conventional analytical methods, such as ICP, for determining the presence of rare earth elements. As a method of determination, potentiometric titration is flexible in handling the wide variety of REE minerals. Thanks to optimization of the analytical matrix and the use of complex chemistry, it can even separate

certain REEs from each other in mixtures.

The automated system with the OMNIS Sample Robot S – WSM equipped with an OMNIS Titrator, OMNIS Dosing Modules, and copper-selective electrode, impresses with its high level of professionalism and offers flexible analyses combined with high-end software.

## REFERENCES

1. Misumi, S.; Taketatsu, T. Complexometric Titration of Rare Earth Elements. Dissolution of the Rare Earth Oxalate with Ethylenediaminetetraacetic Acid and Back Titration with Magnesium Sulfate. *bull. Chem. Soc. Jpn.* **1959**, 32 (8), 873–876.  
[DOI:10.1246/bcsj.32.873](https://doi.org/10.1246/bcsj.32.873)
2. Seel, F. Die Komplexometrische Titration. Die Chemische Analyse. Band 45. Von G. Schwarzenbach Und H. Flaschka. Ferdinand Enke Verlag, Stuttgart 1965. 5. Neubearbeitete Aufl., XVI, 339 S., 42 Abb., 12 Tab., 48,- DM. *Angewandte Chemie* **1966**, 78 (8), 455–455.  
[DOI:10.1002/ange.19660780817](https://doi.org/10.1002/ange.19660780817)
3. *Chelates in Analytical Chemistry – A Collection of Monographs*; Flaschka, H. A., Barnard, A. J., Eds.; Marcel Dekker, Incorporated, 1967; Vol. 3.
4. Krebs, D.; Furfaro, D. Concentrated Hydrochloric Acid Leaching of Greenland Steenstrupine to Obviate Silica Gel Formation. In *Rare Earth Elements - Emerging Advances, Technology Utilization, and Resource Procurement*; IntechOpen, 2022.  
[DOI:10.5772/intechopen.107012](https://doi.org/10.5772/intechopen.107012)

## CONTACT

Metrohm Suisse SA  
Industriestrasse 13  
4800 Zofingen

[info@metrohm.ch](mailto:info@metrohm.ch)

## CONFIGURATION



### OMNIS Sample Robot S – WSM (1T/2P)

OMNIS Sample Robot S - WSM équipé d'un module OMNIS Workstation avec 2 pompes pour le nettoyage et l'aspiration des capteurs et des récipients d'échantillons, d'une station de travail, d'un agitateur à hélice, ainsi que de nombreux accessoires pour l'entrée directe dans le titrage entièrement automatisé. Le système offre de la place pour 32 béchers d'échantillons de 120 mL dans 2 racks d'échantillons. Ce système modulaire est livré entièrement monté et peut donc être mis en service en très peu de temps. Sur demande, le système peut être complété par 2 pompes péristaltiques supplémentaires et 1 poste de travail supplémentaire pour doubler le débit. Si d'autres postes de travail sont nécessaires, le Sample Robot S peut être étendu jusqu'à un OMNIS Sample Robot de taille L, de sorte que les échantillons de 7 racks peuvent être traités en parallèle sur 4 postes de travail au maximum, ce qui permet de quadrupler le débit d'échantillons.



### OMNIS Professional Titrator sans agitateur

OMNIS Titrator, innovant, modulaire, potentiométrique pour le titrage à point final et à point d'équivalence (monotone/dynamique). Grâce à la technologie 3S de l'adaptateur Liquid Adapter, la manipulation des produits chimiques est plus sûre que jamais. Avec des modules de mesure et des unités de cylindre, le titreur peut être librement configuré et il est possible au besoin d'y ajouter un agitateur. Licence fonctionnelle « Professional » incluse pour le titrage en parallèle avec d'autres modules de titrage ou de dosage.

- Commande via un PC ou un réseau local
- Possibilité de connecter jusqu'à quatre autres modules de titrage ou de dosage pour d'autres applications ou solutions auxiliaires
- Possibilité d'y ajouter un agitateur magnétique et/ou un agitateur à hélice
- Différentes tailles de cylindre disponibles : 5, 10, 20 ou 50 mL
- Liquid Adapter avec la technologie 3S : manipulation de produits chimiques plus sûre, transfert automatique des données originales des réactifs provenant des fabricants

### Modes de mesure et options logicielles :

- Titrage à point final : licence fonctionnelle « Basic »
- Titrage à point final et à point d'équivalence (monotone/dynamique) : licence fonctionnelle « Advanced »
- Titrage à point final et à point d'équivalence (monotone/dynamique) avec titrage en parallèle 5 fois : licence fonctionnelle « Professional »



### OMNIS Dosing Module sans agitateur

Module de dosage à connecter à un OMNIS Titrator pour ajout d'une burette supplémentaire pour titrage/dosage. Peut être utilisé avec un agitateur magnétique et/ou un agitateur à hélice pour une utilisation en tant que poste de titrage séparé. Unité de cylindre au choix de 5, 10, 20 ou 50 mL.



### Électrode ionique spécifique, Cu

Électrode sélective de cuivre à membrane cristalline.

Cette EIS doit être utilisée en association avec une électrode de référence et convient aux :

- Mesures ioniques de  $\text{Cu}^{2+}$  ( $10^{-8}$  à  $0,1$  mol/L)
- Mesures ioniques dans de très faibles volumes d'échantillons (profondeur d'immersion min. = 1 mm)
- Titrages complexométriques avec Cu-EDTA

Grâce à sa tige en EP robuste/incassable, ce capteur présente une très grande résistance mécanique.

Le kit de polissage fourni permet un nettoyage et une rénovation faciles de la surface de l'électrode.