

# La scoperta dell'elemento 43

A periodic table of elements with various cells highlighted in different colors. A red arrow points to the cell for element 43, Technetium (Tc). The colors used are: H (green), Li (blue), Be (red), Na (blue), K (blue), Rb (blue), Cs (blue), Fr (blue), He (orange), Ne (orange), Ar (orange), Kr (orange), Xe (orange), Rn (orange), B (purple), C (green), N (green), O (green), F (purple), Al (cyan), Si (purple), P (green), S (green), Cl (purple), Ga (cyan), Ge (cyan), As (purple), Se (green), Br (purple), In (cyan), Sn (cyan), Sb (purple), Te (purple), I (purple), At (purple), Ti (cyan), Pb (cyan), Bi (cyan), Po (purple), Hf (yellow), Ta (yellow), W (yellow), Re (yellow), Os (yellow), Ir (yellow), Pt (yellow), Au (yellow), Hg (yellow), Rf (yellow), Db (yellow), Sg (yellow), Bh (yellow), Hs (yellow), Mt (yellow), Uun (yellow), Uuu (yellow), Uub (yellow), La (yellow), Ce (yellow), Pr (yellow), Nd (yellow), Pm (yellow), Sm (yellow), Eu (yellow), Gd (yellow), Tb (yellow), Dy (yellow), Ho (yellow), Er (yellow), Tm (yellow), Yb (yellow), Lu (yellow), Ac (yellow), Th (yellow), Pa (yellow), U (yellow), Np (yellow), Pu (yellow), Am (yellow), Cm (yellow), Bk (yellow), Cf (yellow), Es (yellow), Fm (yellow), Md (yellow), No (yellow), Lr (yellow).

H																			He
Li	Be											B	C	N	O	F		Ne	
Na	Mg											Al	Si	P	S	Cl		Ar	
K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br		Kr	
Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I		Xe	
Cs	Ba		Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At		Rn	
Fr	Ra		Rf	Db	Sg	Bh	Hs	Mt	Uun	Uuu	Uub								
		La	Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu			
		Ac	Th	Pa	U	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Md	No	Lr			

**Roberto Zingales**  
[robertozingales@msn.com](mailto:robertozingales@msn.com)

# Il numero atomico

Uno degli aspetti caratterizzanti della Chimica del XIX secolo, è stato l'individuazione e la caratterizzazione di molti nuovi elementi, la loro classificazione secondo un criterio ordinatore generale, e la ricerca di quelli mancanti.

La disposizione degli elementi secondo una sequenza ordinata, portò i chimici a identificare ciascuno di essi con un numero caratteristico, chiamato *numero atomico*.

# L'elemento n° 43

L'elemento n° 43 è

- *il primo (e unico) elemento chimico scoperto in Italia*
- *il primo elemento prodotto dall'uomo*

La sua scoperta rappresenta una tappa importante

- *nella ricerca di nuovi elementi*
- *nell'evoluzione dei criteri e delle tecniche di riconoscimento analitico delle sostanze*

# L'elemento n° 43

La scoperta dell'*elemento 43* costituisce un esempio di come il riempimento della Tabella periodica poté essere completato solo grazie all'unione delle competenze e dei metodi di indagine sviluppati indipendentemente da chimici e fisici,

ma testimonia anche un profondo cambiamento di strategia nella ricerca e nell'identificazione di nuovi elementi.

# L'elemento n° 43

Le procedure per la sua individuazione segnano il passaggio da quelle chimiche di *analisi* per separare i componenti elementari dei corpi materiali a quelle fisiche di *sintesi*, attraverso le opportune reazioni nucleari.

# L'elemento n° 43

La storia può essere divisa in due atti:

**Primo atto:** dalla Chimica alla Fisica

**Protagonisti:** Tacke e Noddack

**Epilogo:** *una non scoperta*

**Secondo atto:** dalla Fisica alla Chimica

**Protagonisti:** Segrè e Perrier

**Epilogo:** *la scoperta*

# Un cambio di strategia

Tra i due eventi, i chimici dovettero *cambiare drasticamente* il modo di concepire gli elementi e i criteri per accettare le nuove scoperte.

L'analisi chimica dovette passare da *procedure basate sulle reazioni chimiche* a *procedure basate sull'uso di strumenti, per determinare il valore di grandezze fisiche.*

# I criteri di accettazione

Due requisiti erano ritenuti indispensabili per la conferma di una rivendicazione:

- ✓ *che l'elemento fosse rinvenuto in materiali di origine naturale,*
- ✓ *che esso fosse ottenuto in quantità apprezzabili.*

Il cambio di strategia indispensabile costrinse i chimici a riconoscere i nuovi elementi:

- *dalle righe di emissione,*
- *da una radioattività superiore a quella attribuibile alla presenza di elementi noti.*



# L'approccio chimico

Tradizionalmente, la strategia che portava alla scoperta di un nuovo elemento, consisteva nei seguenti passaggi:

- ***prevederne*** le proprietà chimiche, sulla base della legge di periodicità;
- ***individuare*** i minerali nei quali era verosimile trovarlo;
- ***trattarli*** con gli opportuni reattivi, per separare i costituenti principali e gli elementi già noti, e ottenere un residuo ***arricchito*** nell'elemento cercato;
- ***indagare*** il comportamento chimico del residuo;
- ***confermare*** l'identificazione dell'elemento attraverso:
  - l'ottenimento di un ***campione puro*** o un sale;
  - la determinazione del ***peso atomico***.

# I Atto

## La previsione e la ricerca

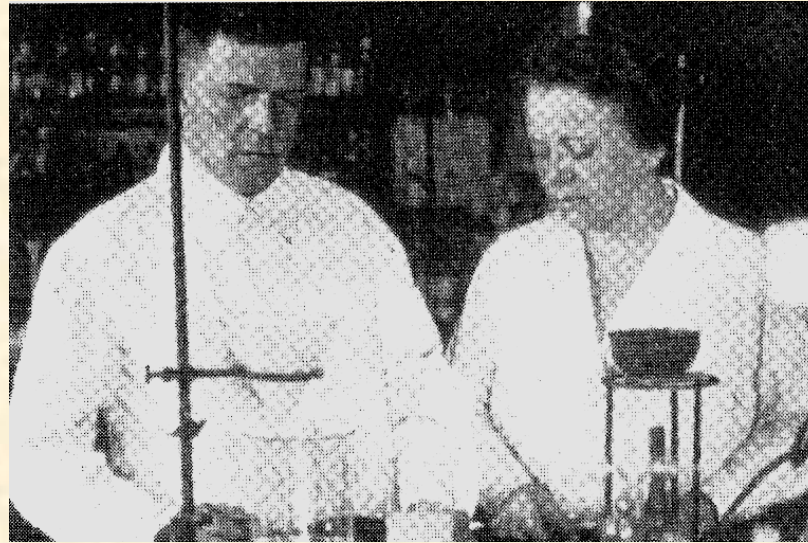
Mendeleév aveva previsto l'esistenza di due elementi simili al Manganese:

*Ekamanganese* (PA = 100)

*Dvimanganese* (PA = 190)

22 <b>Ti</b>	23 <b>V</b>	23 <b>Cr</b>	24 <b>Mn</b>	25 <b>Fe</b>
40 <b>Zr</b>	41 <b>Nb</b>	42 <b>Mo</b>	43	44 <b>Ru</b>
72 <b>Hf</b>	73 <b>Ta</b>	74 <b>W</b>	75	76 <b>Os</b>

# Il primo tentativo



Il primo tentativo sistematico di identificare l'elemento 43 fu condotto a metà degli anni '20, da due chimici dell'Imperial Physico Chemical Institut di Berlino, *Ida Eva Tacke* e *Walter Noddack*, e con la collaborazione del fisico *Otto Carl von Berg*, del Physikalisches Laboratorium des Wernerwerks der Siemens & Halskhe A. - G.

# Distribuzione degli elementi nei minerali

<b>I</b>	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As
<b>II</b>	Y	Zr	Nb	Mo	-	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb
<b>III</b>	La	Hf	Ta	W	-	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi
<b>IV</b>		Th		U									

Platinerz

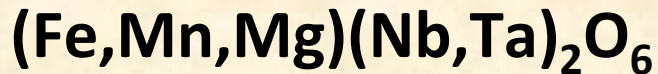
Columbite

Entrambi

# La ricerca nei minerali

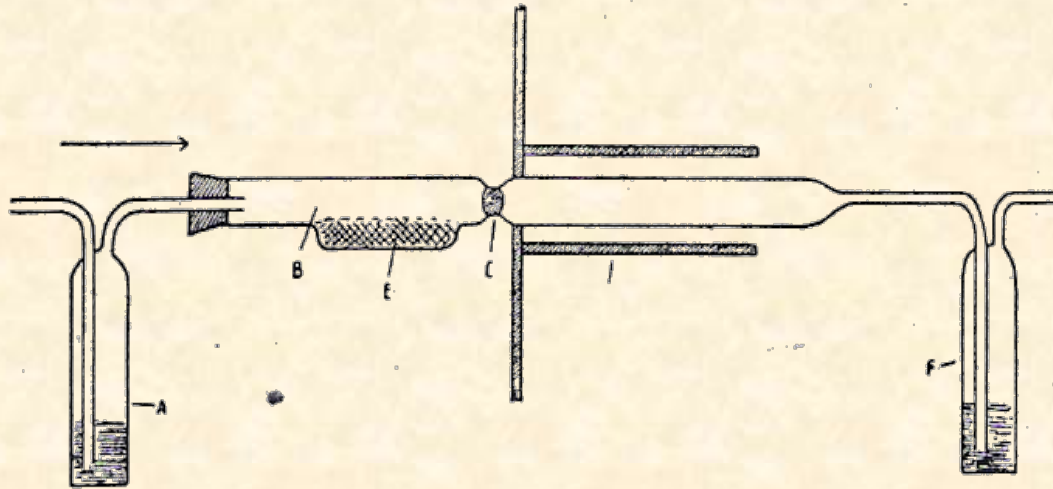
## *Columbite*

(niobiato e tantalato di ferro e manganese)



Contiene tutti gli elementi a numero atomico compreso tra 24 e 29, 44 e 47, 76 e 79

# Separazione dei componenti



Apparecchio per il trattamento del minerale di platino.

**Ottennero in tutto 1 mg di un solido cristallino  
aghiforme bianco**

**Supposero si trattasse dell'ossido di un elemento  
non ancora conosciuto,**

**ma la quantità raccolta era troppo piccola per  
potere essere accuratamente analizzata.**

# L'aiuto della Fisica

*Tutte le volte che la Fisica ha offerto alla Chimica un nuovo strumento analitico, l'effetto più eclatante che si è registrato è stata la scoperta di nuovi elementi.*

*Rubidio e Cesio sono stati riconosciuti grazie all'uso dello spettroscopio,*

*Polonio e Radio attraverso il nuovo fenomeno delle emissioni radioattive,*

*Afnio e Renio dai loro spettri ai raggi X.*

E. Segrè, Nature (1939)

# Spettro ai raggi X

Otto Carl von Berg

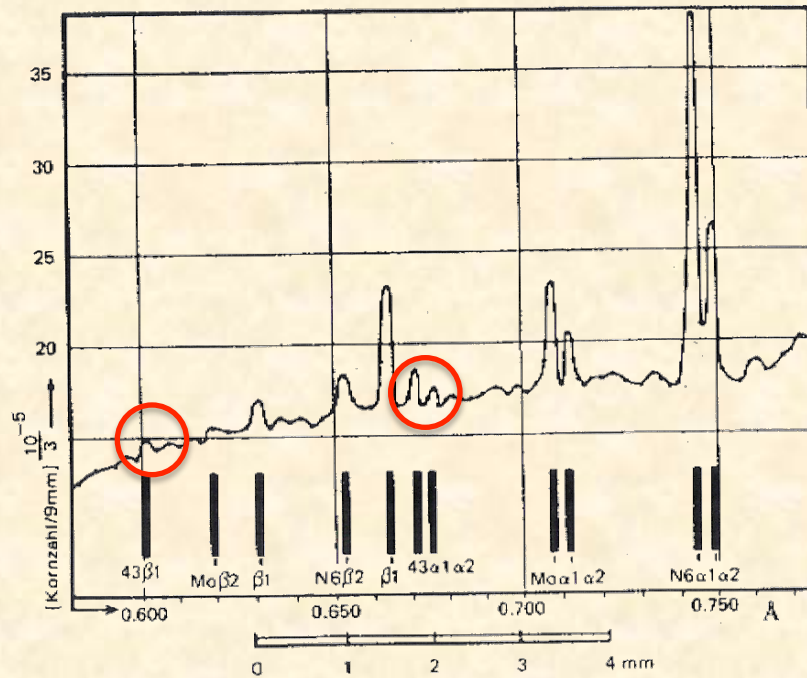


Fig. 2. Spectrum of the K X-ray lines from element 43 and neighbouring elements. This spectrum results from a grain count (in units of  $10^3$  grains/mm<sup>2</sup>) in the original photographic plate.

	43			75				
wavelengths	$K_{\alpha 1}$	$K_{\alpha 2}$	$K_{\beta 1}$	$L_{\alpha 1}$	$L_{\alpha 2}$	$L_{\beta 1}$	$L_{\beta 2}$	$L_{\beta 3}$
measured	0.672	0.675	0.601	1.4299	1.4407	1.235	1.2048	1.216
calculated	0.6734	0.6779	0.6000	1.4306	1.4406	1.2355	1.2041	1.2169



# Conclusioni

Basandosi sulla presunta correttezza di queste assegnazioni, i Noddack rivendicarono la scoperta di due elementi sconosciuti:

***Masurio*** (numero atomico 43)

***Renio*** (numero atomico 75)

La scoperta del Renio fu confermata da successivi esperimenti.

Né i Noddack né altri gruppi di ricerca riuscirono a produrre quantità apprezzabili di Masurio.

# La regola di selezione di Mattauch (1934)

44		$^{95}\text{Ru}$	$^{95}\text{Ru}$	$^{96}\text{Ru}$	$^{97}\text{Ru}$	$^{98}\text{Ru}$	$^{99}\text{Ru}$	$^{100}\text{Ru}$	$^{101}\text{Ru}$	$^{102}\text{Ru}$	$^{103}\text{Ru}$	$^{104}\text{Ru}$
43	$^{93}\text{Tc}$	$^{95}\text{Tc}$	$^{95}\text{Tc}$	$^{96}\text{Tc}$	$^{97}\text{Tc}$	$^{98}\text{Tc}$	$^{99}\text{Tc}$	$^{100}\text{Tc}$	$^{101}\text{Tc}$	$^{102}\text{Tc}$	$^{103}\text{Tc}$	$^{104}\text{Tc}$
42	$^{93}\text{Mo}$	$^{95}\text{Mo}$	$^{95}\text{Mo}$	$^{96}\text{Mo}$	$^{97}\text{Mo}$	$^{98}\text{Mo}$	$^{99}\text{Mo}$	$^{100}\text{Mo}$	$^{101}\text{Mo}$	$^{102}\text{Mo}$		
	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103	104

*... non possono esistere due isotopi dello stesso peso atomico che differiscano di una sola unità di carica...*

# La fine del Masurio

I Noddack furono screditati  
per aver riferito un risultato  
*fisicamente irrealizzabile*

A COMPREHENSIVE TREATISE ON  
INORGANIC  
AND THEORETICAL  
CHEMISTRY

BY  
J. W. MELLOR, D.Sc., F.R.S.

VOLUME XII

WITH 320 DIAGRAMS

LONGMANS, GREEN AND CO.  
LONDON • NEW YORK • TORONTO

3° Ed. (1953)

## CONTENTS

### CHAPTER LXIII

#### URANIUM

- § 1. The History of Uranium (1); § 2. The Occurrence of Uranium (5); § 3. The Extraction of Uranium from its Ores (8); § 4. The Isolation of Uranium (10); § 5. The Physical Properties of Uranium (14); § 6. The Chemical Properties of Uranium (30); § 7. The Valency and Atomic Weight of Uranium (35); § 8. The Intermetallic Compounds of Uranium (38); § 9. Uranium Dioxide and the Lower Oxides (39); § 10. Uranium Oxides between the Dioxide and Trioxide (44); § 11. Uranium Trioxide and its Hydrates (54); § 12. The Normal Uranates, or Monouranates (61); § 13. The Polyuranates (65); § 14. Uranium Peroxides, and the Peruranates (69); § 15. Uranium Fluorides and Oxyfluorides (73); § 16. Uranium Chlorides (80); § 17. Uranium Oxychlorides (85); § 18. The Uranium Bromides and Iodides (91); § 19. Uranium Sulphides and Oxy sulphides (94); § 20. The Uranium Sulphates (98); § 21. Uranium Carbonates (112); § 22. Uranium Nitrates (117); § 23. The Uranium Phosphates (128).

### CHAPTER LXIV

#### MANGANESE

- § 1. The History of Manganese (139); § 2. The Occurrence of Manganese (143); § 3. The Preparation of Manganese (163); § 4. The Physical Properties of Manganese (168); § 5. The Chemical Properties of Manganese (185); § 6. The Atomic Weight and Valency of Manganese (197); § 7. The Alloys and Intermetallic Compounds of Manganese (200); § 8. Manganous Oxide and Hydroxide (220); § 9. Manganous Oxide, or Manganese Tritetroxide (231); § 10. Manganic Oxide, or Manganese Hemitrioxide (236); § 11. Manganese Dioxide (245); § 12. The Permanganites (274); § 13. Manganese Trioxide and the Manganates (281); § 14. Permanganic Acid (291); § 15. The Permanganates (301); § 16. Manganous Fluorides (342); § 17. Manganous Chloride (348); § 18. The Higher Manganese Chlorides (374); § 19. Manganese Bromides (381); § 20. Manganese Iodides (384); § 21. Manganese Sulphides (387); § 22. Manganous Sulphate (401); § 23. The Higher Manganese Sulphates—Manganic Alums (427); § 24. Manganese Carbonates (432); § 25. The Manganese Nitrates (441); § 26. Manganous Phosphates (447); § 27. Manganic Phosphates (460).

### CHAPTER LXV

#### MASURIUM AND RHENIUM

- § 1. Eka-manganese, or Masurium, and Eka-manganese, or Rhenium (465); § 2. The Occurrence of Masurium and Rhenium (466); § 3. The Isolation of Masurium and Rhenium (467); § 4. The Physical Properties of Masurium and Rhenium (469); § 5. The Chemical Properties of Masurium and Rhenium (471); § 6. The Compounds of Rhenium (472).

# Il Atto - Da Palermo a Berkeley



**Emilio Gino Segrè  
(1905-1989)**

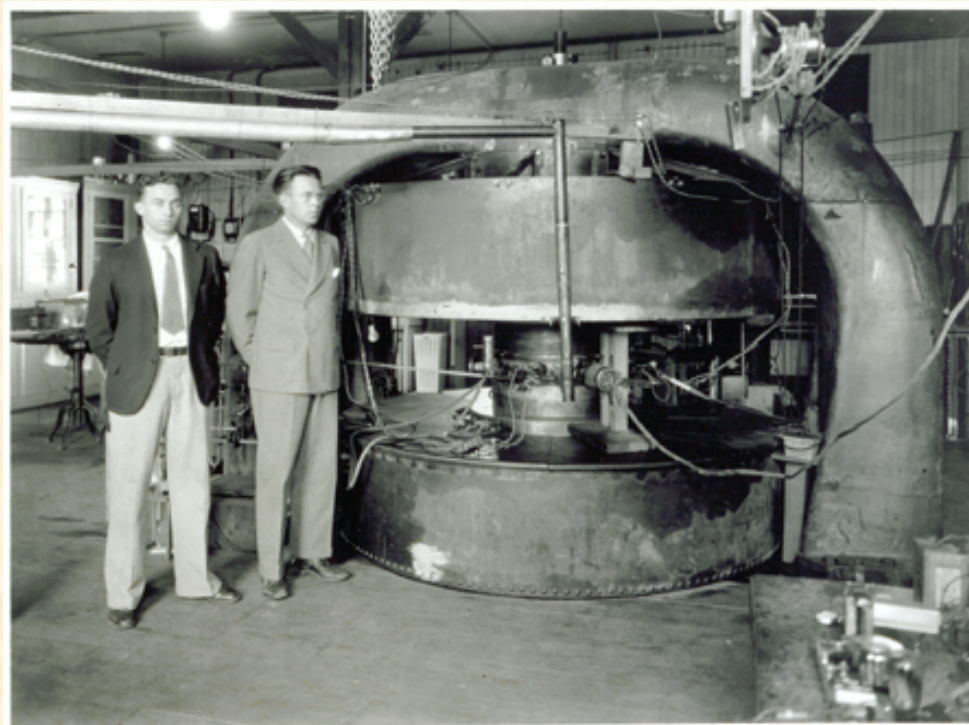
**Allievo di Fermi, vinse la cattedra di Fisica a Palermo nel 1935.**

**Nella ricerca dell'elemento 43, nella quale non era coinvolto, ebbe la meglio perché riuscì a individuare la miniera nella quale andava ricercato.**

# La miniera

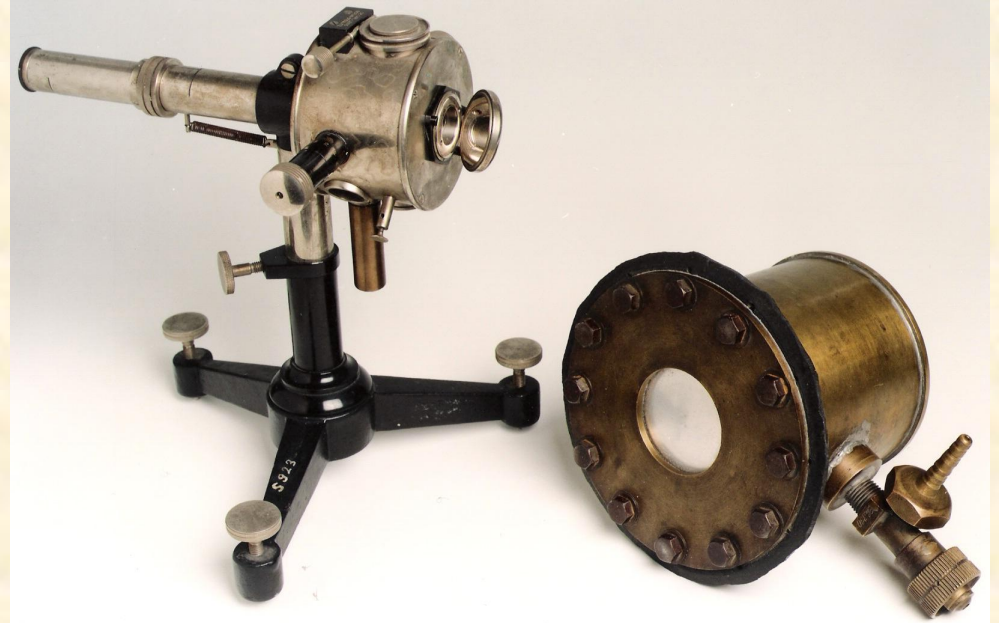
**Il ciclotrone da 27 pollici  
nel Radiation Laboratory  
Berkeley (1930)**

**In questo potente  
apparecchio, i neutroni  
potevano produrre una  
radioattività artificiale,  
molto più forte di quella  
naturale.**



**Segrè ottenne da Lawrence qualche rottame metallico che  
aveva fatto parte del ciclotrone, per usarlo come sorgente  
di radioattività.**

# Le misure di radioattività



**I soli strumenti di cui Segrè disponeva a Palermo:**

- **un electrometro di Perucca (sinistra)**
- **una camera di ionizzazione costruita a Palermo (destra)**

# L'analisi chimica



**Carlo Perrier  
(1886-1948)**

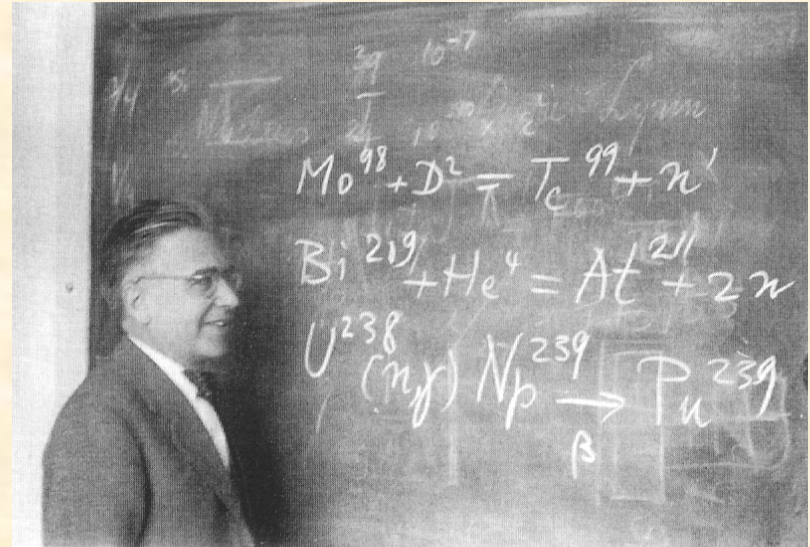


**Istituti di Fisica e Mineralogia  
Via Archirafi 36**

**Laureato in Chimica a Torino, aveva lavorato a  
Zurigo con Treadwell.**

# Possibili prodotti del bombardamento neutronico

- ${}_{42}^{98}\text{Mo} + {}_0^1\text{n} = {}_{40}^{96}\text{Zr} + 2\alpha$
- ${}_{42}^{98}\text{Mo} + {}_1^2\text{d} = {}_{41}^{97}\text{Nb} + 2\alpha$
- ${}_{42}^{98}\text{Mo} + {}_0^1\text{n} = {}_{42}^{99}\text{Mo} + \gamma$
- ${}_{42}^{98}\text{Mo} + {}_1^2\text{d} = {}_{43}^{99}\text{X} + {}_0^1\text{n}$

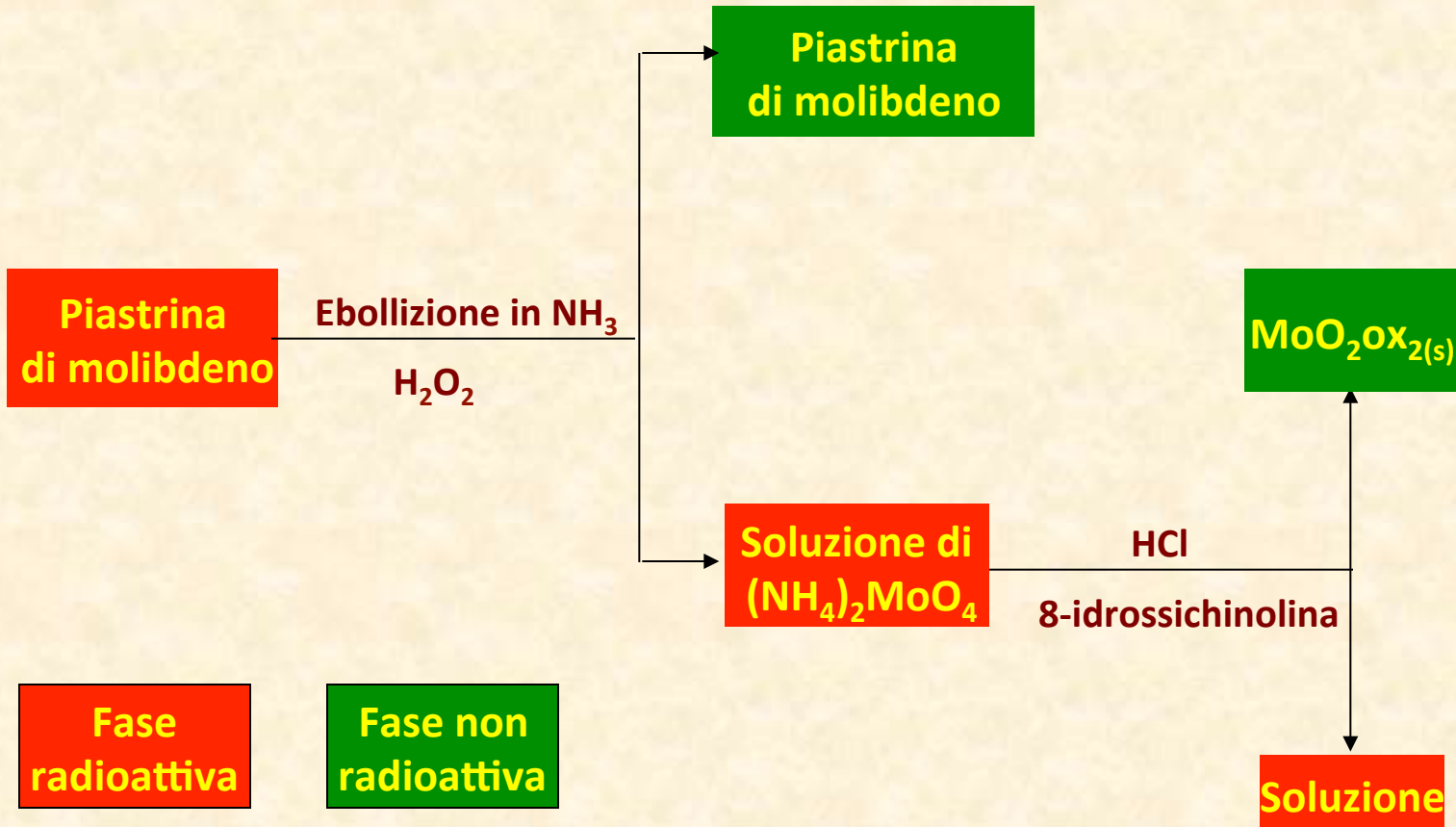


Emilio Segrè nella primavera del 1952. Le equazioni sulla lavagna indicano le reazioni che hanno prodotto gli elementi o gli isotopi scoperti da Segrè: il tecnecio, l'astato e il plutonio 239.

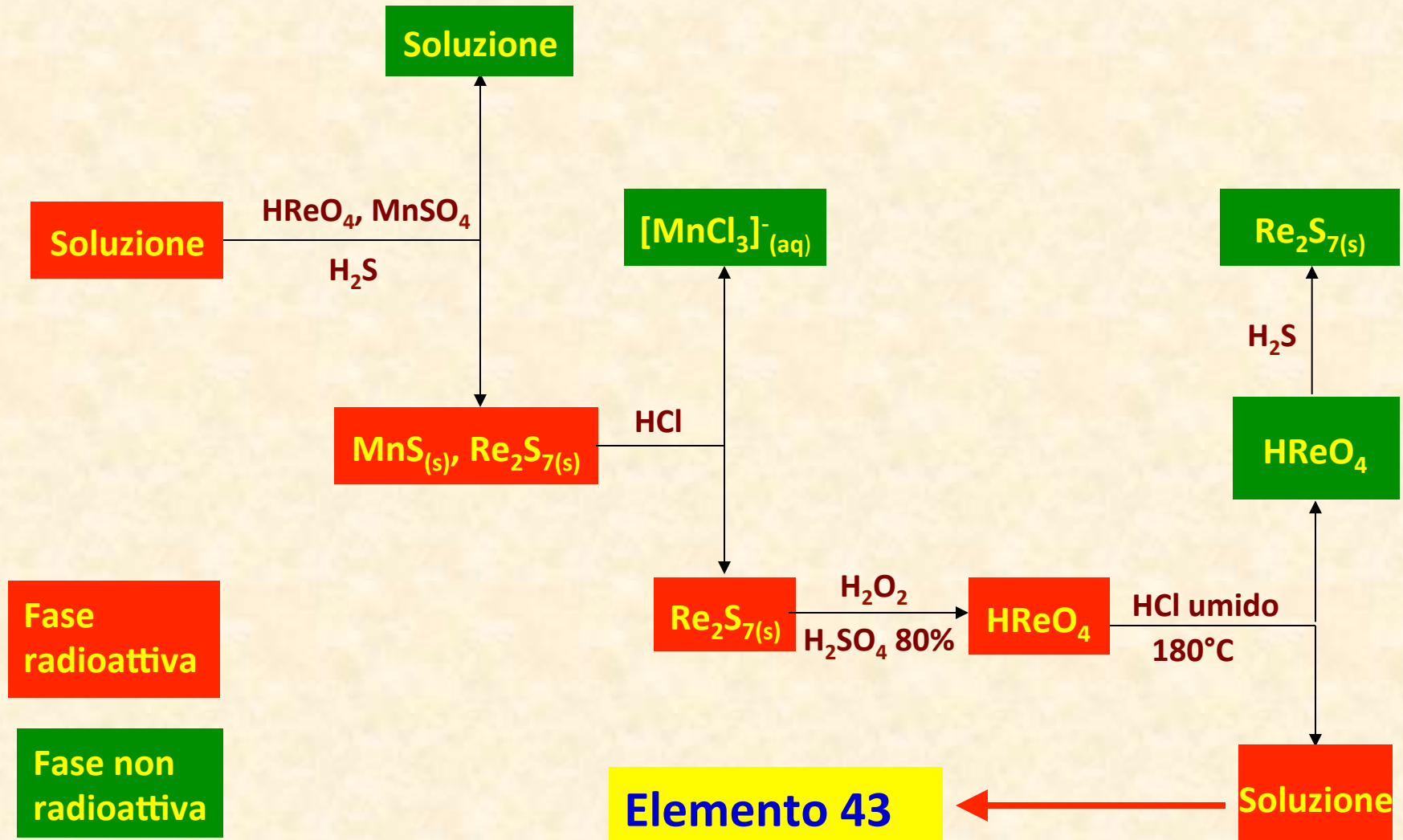
**La piastra di molibdeno non conteneva né Zirconio né Niobio**



# Procedura per la separazione dell'elemento 43



# Procedura per la separazione dell'elemento 43



# **Conferma della scoperta**

**Accademia Nazionale dei Lincei (4 Giugno 1937)  
pubblicata sul J. Phys. Chem. a settembre del '37**

**Incontro con Walter Noddack a Friburgo  
(settembre 1937)**

**Visita di Noddack a Palermo**

**Bernardo Nestore Cacciapuoti:**

**Curve di decadimento di  $\text{Re}_2\text{S}_7$ :**

**tre isotopi con vita media 90, 50 e 80 giorni**

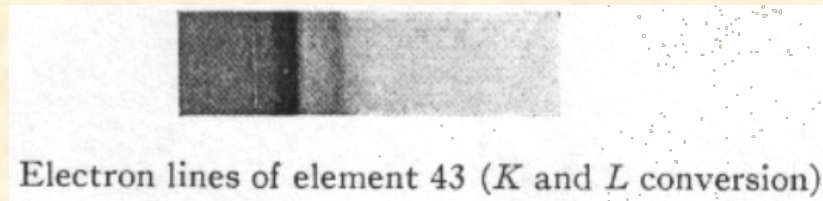
**Glenn Theodore Seaborg (1912-1999):**

**un isomero nucleare dell'isotopo 99**

**dell'elemento 43**

# Ulteriori evidenze

Segrè e Seaborg (1939) ottennero e identificarono definitivamente una linea ai raggi X



Segrè fu finalmente sicuro della priorità della scoperta:

*..... per la prima volta è stata osservata direttamente una linea dello spettro ai raggi X di un elemento nuovo, ottenuto artificialmente, nell'unica miniera dalla quale lo si può estrarre, il ciclotrone.*

*(Nature 18.3.39)*

# Nomi proposti per l'elemento 43

Nome	Simbolo	Origine	Proponente	Anno	P. A.
Polinio		polios = grigio	G. W. Osann	1828	
Ilmenio		Monti Ilmen	R. Hermann	1846	
Pelopio	Pe	Pelope	H. Rose	1847	
Davyo	Da	Humphry Davy	S. Kern	1877	150
Ekamanganese	Em		D. I. Mendeleev	1881	100
Lucio			M. Barriere	1896	
Nipponio	Np	Nippon	M. Ogawa	1909	100
Neomolibdeno			Gerber	1917	
Moselio		H. G. J. Moseley	C. Bosanquet C. Keeley	1924	
Masurio	Ma	Laghi Masuri	I. Tacke, W. Noddack, O. Berg	1925	
Trinacrio		Trinacria = Sicilia		1937	
<b>Tecneto</b>	<b>Tc</b>	<b>tecnetos = artificiale</b>	<b>C. Perrier, E. Segrè</b>	<b>1947</b>	<b>99</b>

# ***Tecneto o tecnezio?***

***Io credo che il nome tecneto suoni meglio e sia anche filologicamente più corretto che tecnezio.***

***Anche i pertecnetati, tecnetati, ecc. derivano più facilmente dal tecneto che dal tecnezio. Siccome, per di più, questo è stato il nome originariamente proposto, non lo cambierei.***

***In inglese c'è stata un po' di confusione ed originalmente proponemmo technetium.***

***Se potessi, forse ora cambierei anche in inglese a technetum, ma ciò è evidentemente impossibile, date anche le decisioni delle commissioni internazionali di nomenclatura.***

***E. Segrè, 28 febbraio 1950***

# Epilogo

Il punto cruciale in questa storia è che l'elemento 43 (e altri) non possono essere rinvenuti in Natura, perché, semplicemente, *non esistono*.

Possono solo essere creati in Laboratorio dai fisici, e quindi identificati *non in un minerale*, ma tra i prodotti artificiali del decadimento radiattivo.

Il chimico è in condizione di identificarne quantità inferiori a  *$10^{-10}$  grammi*