

Elementi del blocco f

La	Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu	Hf
Ac	Th	Pa	U	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Md	No	Lr	Rf

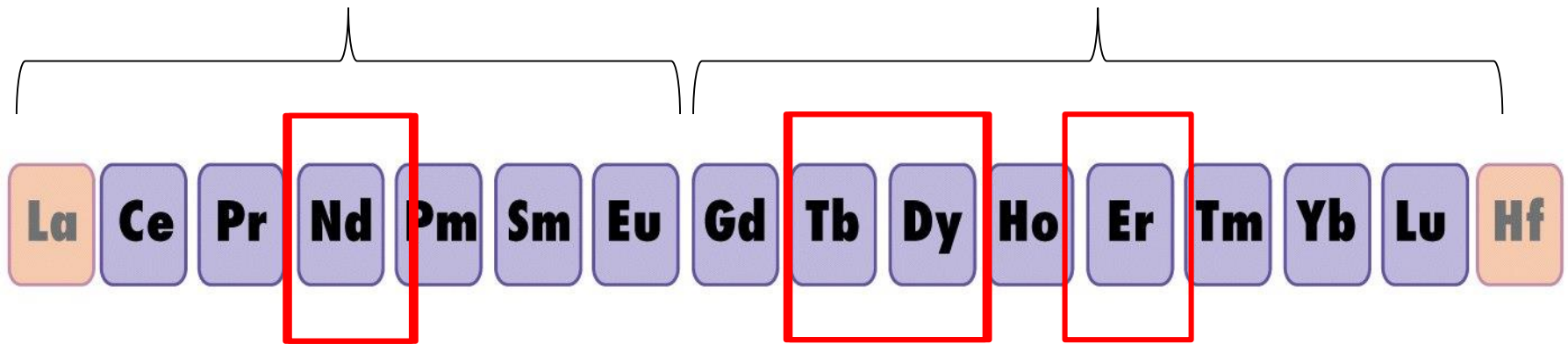
Lantanide generico = Ln, [Xe]4fⁿ6s² (exc. Ce, Gd, Lu)

Attinide generico = An, [Rn]5fⁿ7s²

Lantanidi e Terre Rare

light

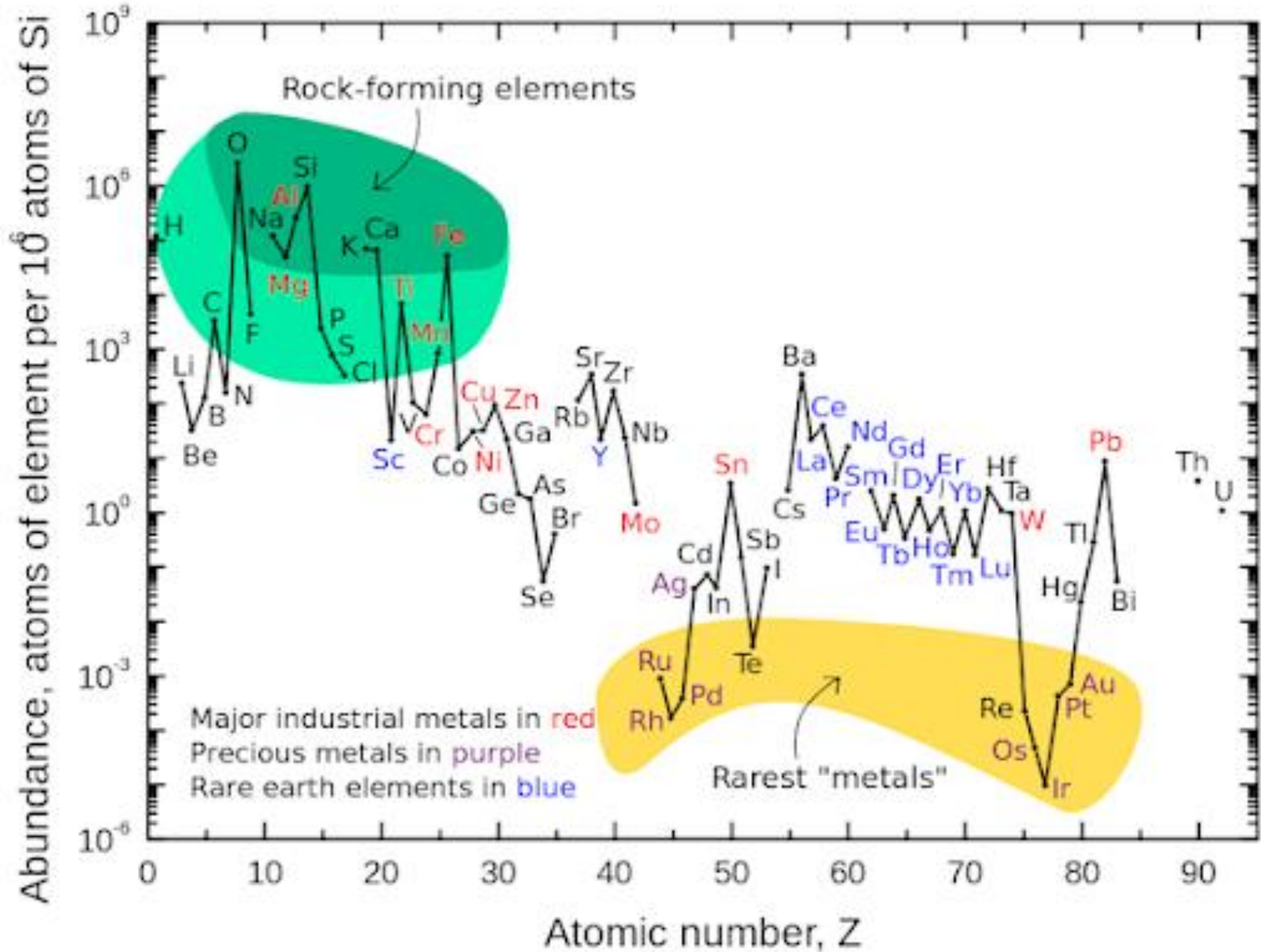
heavy



Terre Rare (*rare earth metals*, REM o RE) = 15
elementi La – Lu ($Z = 57-71$) + Sc ($Z = 21$) + Y ($Z = 39$)

<https://www.youtube.com/watch?v=ri7fFbrPPjw>

Le Terre Rare non sono (tanto) rare



In the last 5 years, the average American (and likely European) has relied on **80** elements for quality of life.

General Electric uses **72** of the first **82** elements in its product line.



Pharmaceuticals

Pd, Rh, Os, Ir



Household Items

Rh, Pt



Refining

La, Pt



Hybrid/Electric Cars

Nd, Tb, Dy, Pr



Alternative Energy

Ru, Nd, Tb, Dy, Pr

...ogni auto Toyota Prius contiene 4 kg di neodimio (Nd) in supermagneti di una lega neodimio-ferro-boro ($Nd_2Fe_{14}B$). Ogni turbina eolica contiene 400 kg di neodimio.

Il 97% della richiesta mondiale di neodimio viene prodotto in una miniera a Bayan Obo, nella Cina interna al confine con la Mongolia...

<https://www.youtube.com/watch?v=lxwF93wnRQo>

Produzione e riserve (in tonnellate)

World Mine Production and Reserves: Reserves for Australia, Russia, the United States, and “Other countries” were revised based on information from Government and industry reports.

	Mine production		Reserves ⁸
	2020	2021 ^e	
United States	39,000	43,000	1,800,000
Australia	21,000	22,000	⁹ 4,000,000
Brazil	600	500	21,000,000
Burma	31,000	26,000	NA
Burundi	300	100	NA
Canada	—	—	830,000
China	¹⁰ 140,000	¹⁰ 168,000	44,000,000
Greenland	—	—	1,500,000
India	2,900	2,900	6,900,000
Madagascar	2,800	3,200	NA
Russia	2,700	2,700	21,000,000
South Africa	—	—	790,000
Tanzania	—	—	890,000
Thailand	3,600	8,000	NA
Vietnam	700	400	22,000,000
Other countries	100	300	280,000
World total (rounded)	240,000	280,000	120,000,000

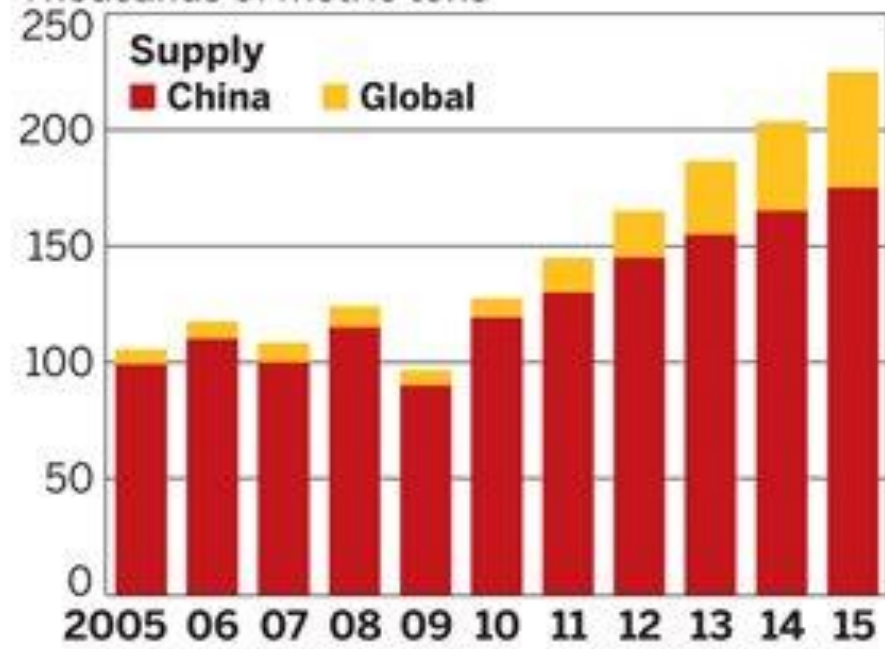
World Resources:⁸ Rare earths are relatively abundant in the Earth’s crust, but minable concentrations are less common than for most other mineral commodities. In North America, measured and indicated resources of rare earths were estimated to include 2.4 million tons in the United States and more than 15 million tons in Canada.

Substitutes: Substitutes are available for many applications but generally are less effective.

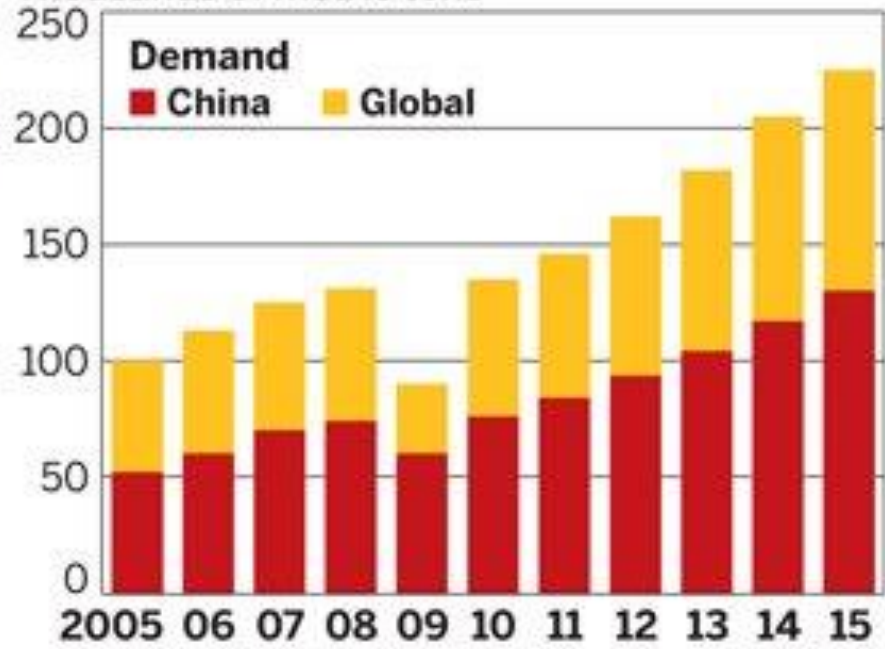
RARE-EARTH SUPPLY AND DEMAND

China's increasing demand for its own rare-earth materials is predicted to drive production in other countries

Thousands of metric tons



Thousands of metric tons



SOURCE: Dudley Kingsnorth/Industrial Minerals Co. of Australia

Il Giappone ora è pronto a sfruttare il giacimento di "terre rare". E la Borsa vola

La scoperta nel 2012 vicino l'isola di Minami Torishima. Ma il deposito naturale finora era considerato troppo profondo per essere sfruttato. Ora la tecnica di estrazione è stata perfezionata. I materiali utili a costruire magneti per veicolo ibridi e laser



11 Aprile 2018



Minami Torishima

ROMA - Il Giappone avrebbe trovato il modo per portare in superficie, poco alla volta, un tesoro di oltre 16 milioni di tonnellate di terre rare. Sono materiali utili a costruire - ad esempio - magneti per veicoli ibridi e laser per diversi secoli. Il Giappone, dunque, sarebbe in grado di strappare alla Cina l'attuale dominio sul settore.

Le analisi fatte hanno rivelato che c'è abbastanza materia per coprire 730 anni di domanda

globale di disprosio, un elemento usato nei magneti per veicoli ibridi, e l'equivalente di 780 anni di applicazioni per l'ittrio, utilizzato nei laser. Inoltre, c'è anche un volume equivalente a 620 anni di fornitura di europio e terbio 420, utilizzati nei composti fluorescenti e nelle celle a idrogeno.

La Repubblica 22 maggio 2019

BUSINESS INSIDER
ITALIA

**Alla Cina sono bastate
due parole perché gli
Usa congelassero il
bando a Huawei: terre
rare**



**Terre rare: ecco la
minaccia 'fine di mondo'
della Cina che ha portato
all'immediato
congelamento del bando
Usa a Huawei**

2023

Gentiloni

«A

Ambiente, finanza e istruzione

Pa

acc

Te

il t

dalla

Fran

Crowdfunding, i piani della Bicocca

Sono stati selezionati i progetti per la nuova edizione del piano di crowdfunding dell'università Bicocca. È stato scelto il team di **Rare** che punta al recupero delle **terre rare** da apparecchiature elettriche ed elettroniche a fine vita e sarà supportato dal consorzio Eit RawMaterials. Altro programma selezionato è Moovy, che facilita l'apprendimento con un gioco da tavolo e una web app per

logopedisti, idea scelta dalla startup Ntr Biosensors. Un terzo progetto quest'anno sarà sostenuto direttamente dall'Università ed è stato scelto «Finanz Road Tour» che coinvolgerà in attività di educazione finanziaria gli studenti di cento scuole in tre anni. Le campagne iniziano a primavera su Produzioni dal basso, la durata è di 60 giorni, l'obiettivo di raccolta 10mila euro.

© RIPRODUZIONE RISERVATA

nantenga
ecnologia
hio dalla
inese.

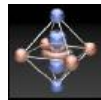
рте del pianeta ha
li vista ambientale,
, tecnologico e ge-
o. Una soluzione
già oggi, secondo
one, visto il ruolo
che nel Mediterra-
ransitare il 20% del
arittimo mondiale,
flussi di petrolio, il
sso energetico ver-
europea.

BRUXELLES «SONO INCAUCIOSO. Il

mio è un auspicio, ma è un
auspicio fondato». Il
commissario all'Economia
Paolo Gentiloni si riferisce
all'ipotesi che martedì

arr
re

Il set cubico di orbitali f

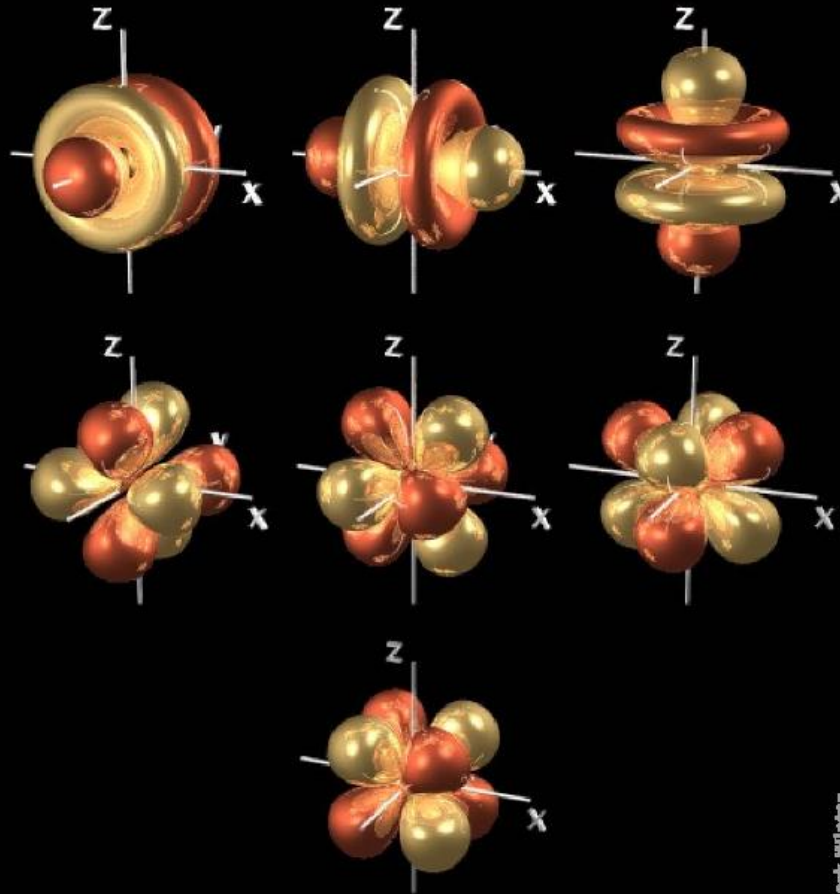


The Orbitron

3 piani nodali

$4f = 0$ nodi radiali

$5f = 1$ nodo radiale



$$f_x^3 \quad f_y^3 \quad f_z^3$$

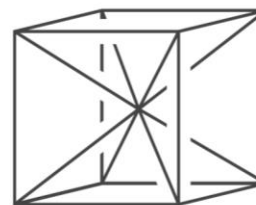
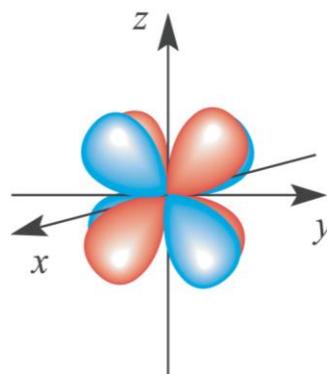
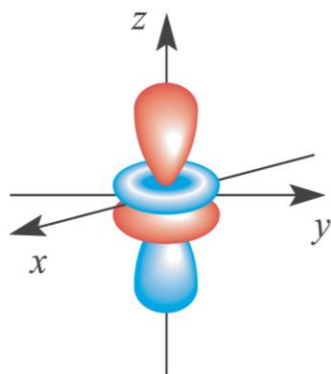
$$f_x(z^2 - y^2)$$

$$f_z(x^2 - y^2)$$

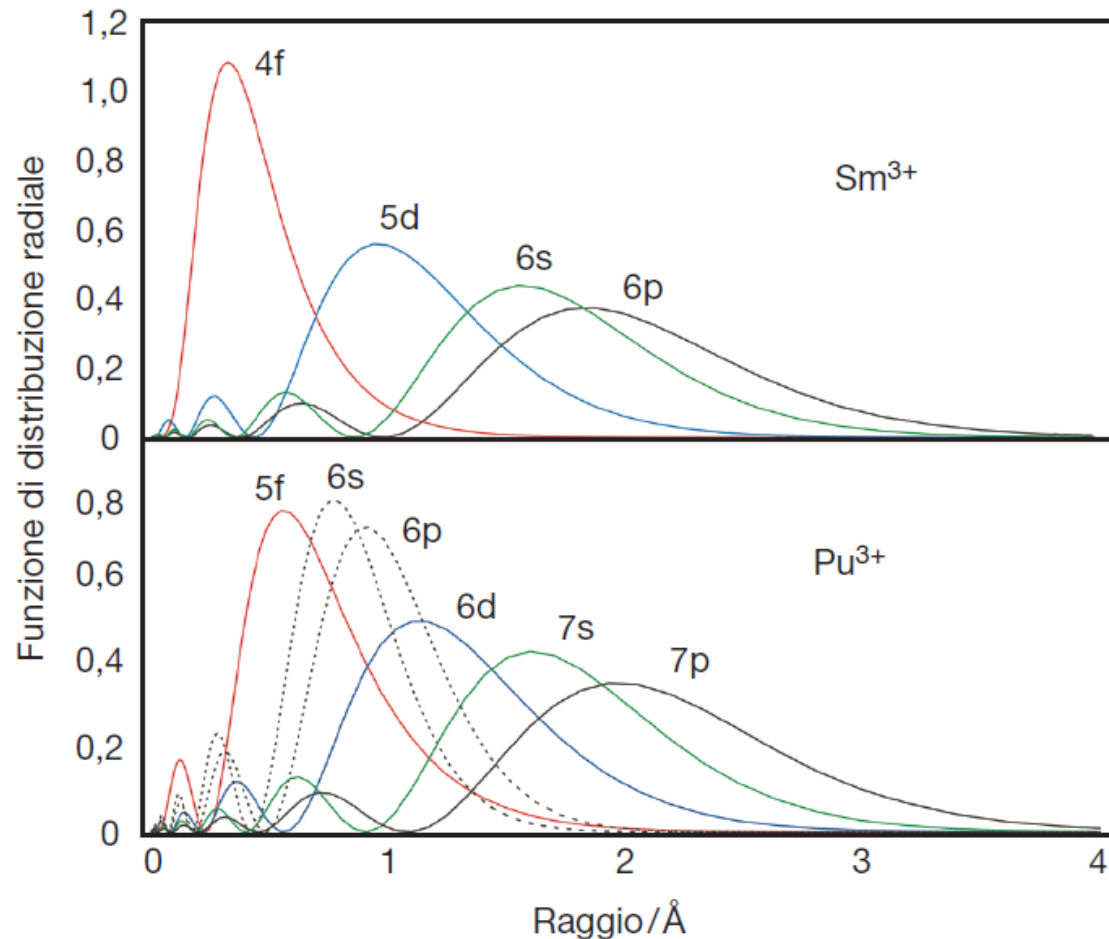
$$f_y(z^2 - x^2)$$

$$f_{xyz}$$

Il set cubico di orbitali f



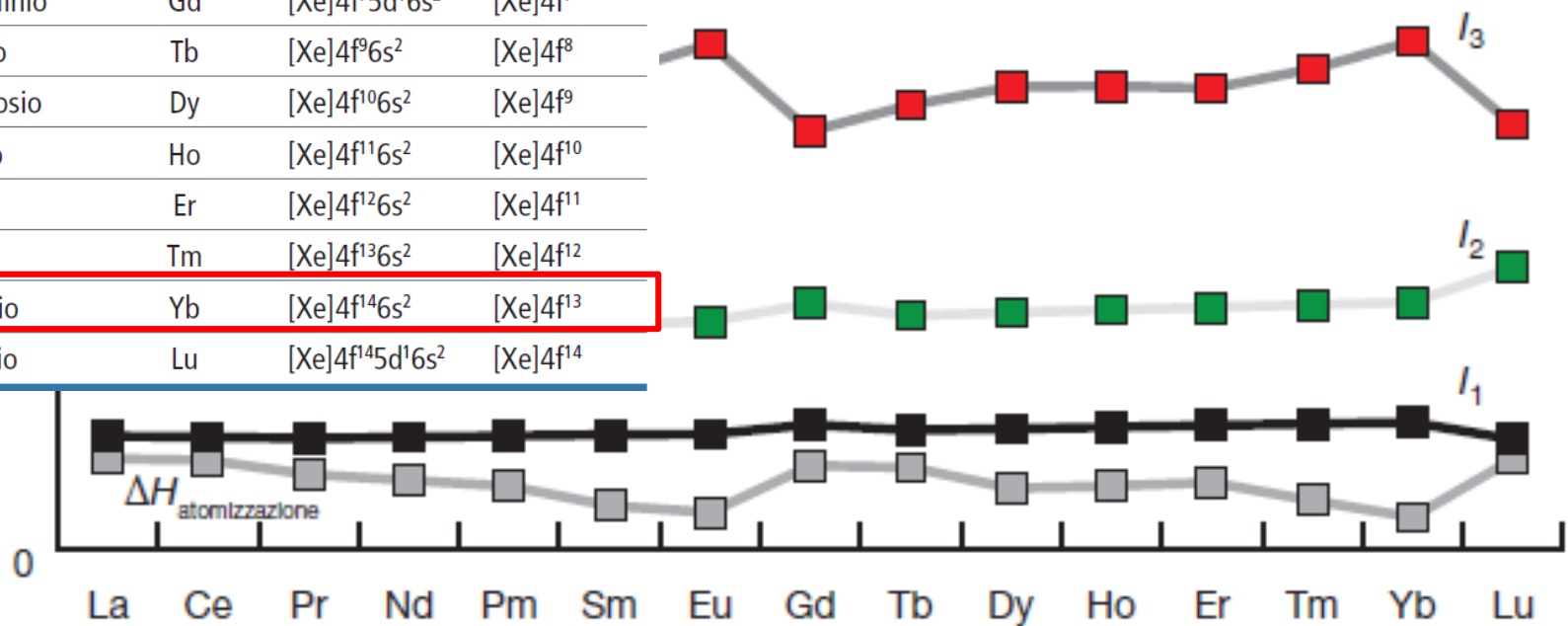
gli orbitali nf sono molto più contratti degli orbitali $(n+1)d$



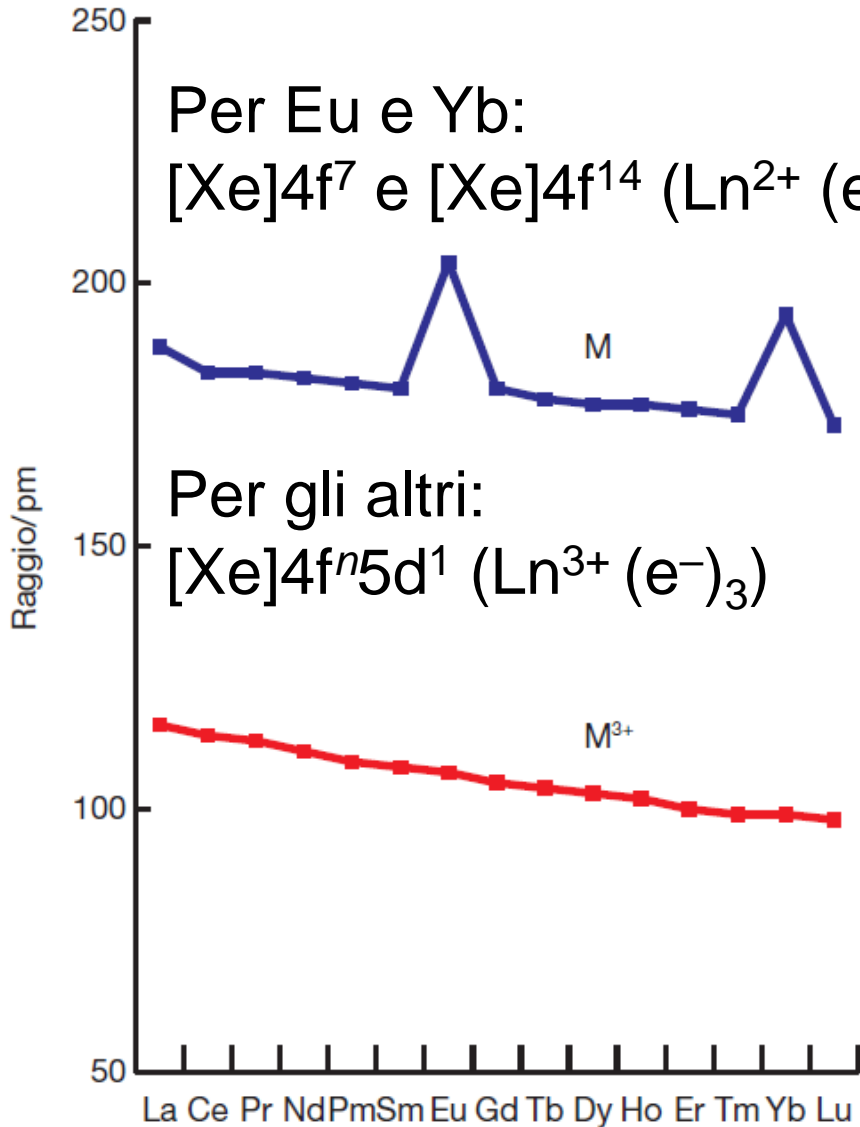
Gli orbitali f e d sono stati paragonati a petali di fiori: i lobi degli orbitali f sarebbero simili ai petali delle margherite mentre gli orbitali d sono come i petali del papavero gigante.

Energie di ionizzazione e atomizzazione e configurazione elettronica

Z	Nome	Simbolo	Configurazione elettronica	
			M	M ³⁺
57	Lantanio	La	[Xe]5d ¹ 6s ²	[Xe]
58	Cerio	Ce	[Xe]4f ¹ 5d ¹ 6s ²	[Xe]4f ¹
59	Praseodimio	Pr	[Xe]4f ³ 6s ²	[Xe]4f ²
60	Neodimio	Nd	[Xe]4f ⁴ 6s ²	[Xe]4f ³
61	Promezio	Pm	[Xe]4f ⁵ 6s ²	[Xe]4f ⁴
62	Samario	Sm	[Xe]4f ⁶ 6s ²	[Xe]4f ⁵
63	Europio	Eu	[Xe]4f ⁷ 6s ²	[Xe]4f ⁶
64	Gadolinio	Gd	[Xe]4f ⁷ 5d ¹ 6s ²	[Xe]4f ⁷
65	Terbio	Tb	[Xe]4f ⁹ 6s ²	[Xe]4f ⁸
66	Disprosio	Dy	[Xe]4f ¹⁰ 6s ²	[Xe]4f ⁹
67	Olmio	Ho	[Xe]4f ¹¹ 6s ²	[Xe]4f ¹⁰
68	Erbio	Er	[Xe]4f ¹² 6s ²	[Xe]4f ¹¹
69	Tulio	Tm	[Xe]4f ¹³ 6s ²	[Xe]4f ¹²
70	Itterbio	Yb	[Xe]4f ¹⁴ 6s ²	[Xe]4f ¹³
71	Lutezio	Lu	[Xe]4f ¹⁴ 5d ¹ 6s ²	[Xe]4f ¹⁴



Raggi metallici dei lantanidi



Z	Nome	Simbolo	Configurazione elettronica	
			M	M ³⁺
57	Lantanio	La	$[\text{Xe}]5d^1 6s^2$	$[\text{Xe}]$
58	Cerio	Ce	$[\text{Xe}]4f^1 5d^1 6s^2$	$[\text{Xe}]4f^1$
59	Praseodimio	Pr	$[\text{Xe}]4f^3 6s^2$	$[\text{Xe}]4f^2$
60	Neodimio	Nd	$[\text{Xe}]4f^4 6s^2$	$[\text{Xe}]4f^3$
61	Promezio	Pm	$[\text{Xe}]4f^5 6s^2$	$[\text{Xe}]4f^4$
62	Samario	Sm	$[\text{Xe}]4f^6 6s^2$	$[\text{Xe}]4f^5$
63	Europio	Eu	$[\text{Xe}]4f^7 6s^2$	$[\text{Xe}]4f^6$
64	Gadolinio	Gd	$[\text{Xe}]4f^7 5d^1 6s^2$	$[\text{Xe}]4f^7$
65	Terbio	Tb	$[\text{Xe}]4f^9 6s^2$	$[\text{Xe}]4f^8$
66	Disprosio	Dy	$[\text{Xe}]4f^{10} 6s^2$	$[\text{Xe}]4f^9$
67	Olmio	Ho	$[\text{Xe}]4f^{11} 6s^2$	$[\text{Xe}]4f^{10}$
68	Erbio	Er	$[\text{Xe}]4f^{12} 6s^2$	$[\text{Xe}]4f^{11}$
69	Tulio	Tm	$[\text{Xe}]4f^{13} 6s^2$	$[\text{Xe}]4f^{12}$
70	Itterbio	Yb	$[\text{Xe}]4f^{14} 6s^2$	$[\text{Xe}]4f^{13}$
71	Lutezio	Lu	$[\text{Xe}]4f^{14} 5d^1 6s^2$	$[\text{Xe}]4f^{14}$

Table 22.2 Names, symbols, and selected properties of the lanthanoids

Z	Name	Symbol	Configuration (M ³⁺)	E° /V	r(M ³⁺)/pm*	O.N.†
57	Lanthanum	La	[Xe]	-2.38	116	2(n), 3 , 4
58	Cerium	Ce	[Xe]f ¹	-2.34	114	2(n), 3 , 4
59	Praseodymium	Pr	[Xe]f ²	-2.35	113	2(n), 3 , 4
60	Neodymium	Nd	[Xe]f ³	-2.32	111	2(n), 3
61	Promethium	Pm	[Xe]f ⁴	-2.29	109	3
62	Samarium	Sm	[Xe]f ⁵	-2.30	108	2(n), 3
63	Europium	Eu	[Xe]f ⁶	-1.99	107	2, 3
64	Gadolinium	Gd	[Xe]f ⁷	-2.28	105	3
65	Terbium	Tb	[Xe]f ⁸	-2.31	104	3 , 4
66	Dysprosium	Dy	[Xe]f ⁹	-2.29	103	2(n), 3
67	Holmium	Ho	[Xe]f ¹⁰	-2.33	102	3
68	Erbium	Er	[Xe]f ¹¹	-2.32	100	3
69	Thulium	Tm	[Xe]f ¹²	-2.32	99	2(n), 3
70	Ytterbium	Yb	[Xe]f ¹³	-2.22	99	2, 3
71	Lutetium	Lu	[Xe]f ¹⁴	-2.30	98	3

Ce⁴⁺, f⁰Eu²⁺, f⁷* Ionic radii for coordination number 8 from R.D. Shannon, *Acta Cryst.*, 1976, **A32**, 751.

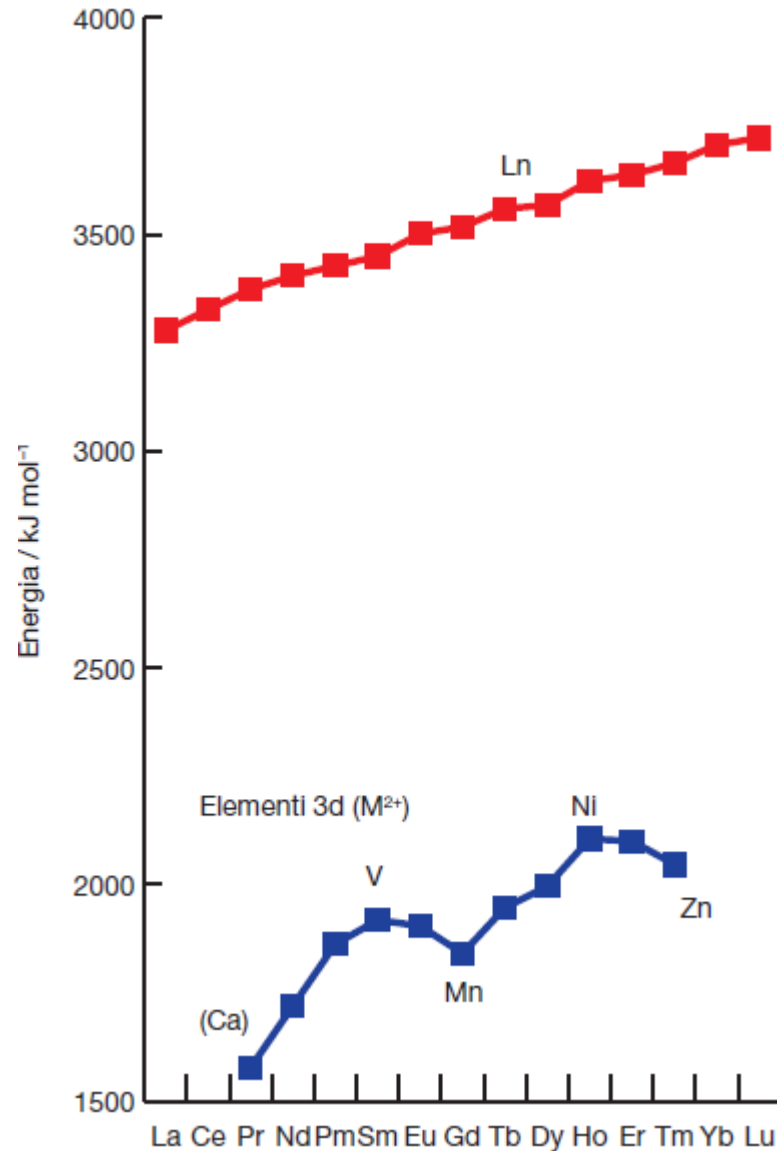
† Oxidation numbers in bold type indicate the most stable states; (n) indicates that the state is stable only in nonaqueous conditions.

Contrazione Lantanidica

Metal	$\Delta_a H^\circ(\text{Ln}) / \text{kJ mol}^{-1}$	$IE_1 + IE_2 + IE_3 / \text{kJ mol}^{-1}$	$\Delta_{\text{hyd}} H^\circ(\text{Ln}^{3+}, \text{g}) / \text{kJ mol}^{-1}$	$E^\circ_{\text{Ln}^{3+}/\text{Ln}} / \text{V}$	$E^\circ_{\text{Ln}^{2+}/\text{Ln}} / \text{V}$
La	431	3455	-3278	-2.38	
Ce	423	3530	-3326	-2.34	
Pr	356	3631	-3373	-2.35	-2.0
Nd	328	3698	-3403	-2.32	-2.1
Pm	348	3741	-3427	-2.30	-2.2
Sm	207	3873	-3449	-2.30	-2.68
Eu	177	4036	-3501	-1.99	-2.81
Gd	398	3750	-3517	-2.28	
Tb	389	3792	-3559	-2.28	
Dy	290	3899	-3567	-2.30	-2.2
Ho	301	3924	-3613	-2.33	-2.1
Er	317	3934	-3637	-2.33	-2.0
Tm	232	4045	-3664	-2.32	-2.4
Yb	152	4195	-3724	-2.19	-2.76
Lu	428	3886	-3722	-2.28	

† Values of $\Delta_{\text{hyd}} H^\circ(\text{M}^{3+}, \text{g})$ are taken from: L.R. Morss (1976) *Chem. Rev.*, vol. 76, p. 827.

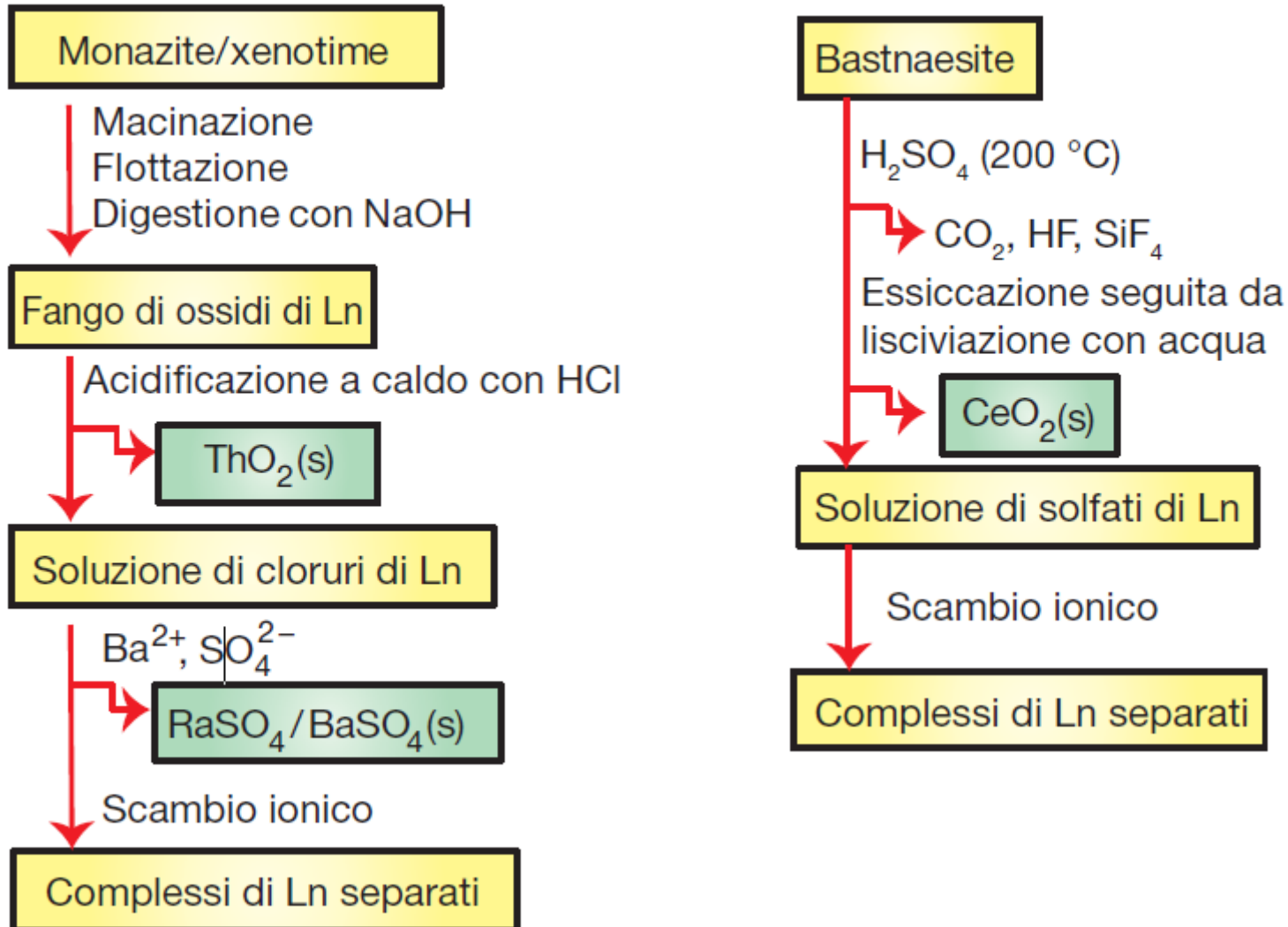
Energie di idratazione a confronto: LFSE trascurabile nei Ln^{3+}



Temperatura di transizione fra isolante e conduttore (T_{IM}) in Perovskiti dei lantanidi
 $LnNiO_3$

	$PrNiO_3$	$NdNiO_3$	$EuNiO_3$
$r(Ln^{3+})/pm$	113	111	107
T_{IM}/K	135	200	480

- **bastnäsite** $[\text{Ce,La,Nd}](\text{CO}_3)\text{F}$
 - **monazite** $[\text{Ce,La,Nd,Th}](\text{PO}_4)$
 - **xenotime** $[\text{Y, Ln,Th}](\text{PO}_4)$
- } Ln leggeri
} Ln pesanti



Miniera di Bayan Obo

(4.1% di REO, *Rare Earth Oxide*)



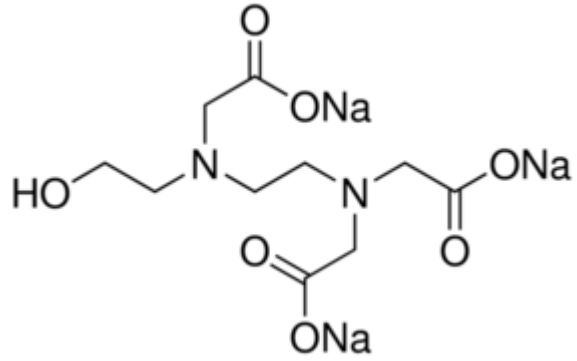
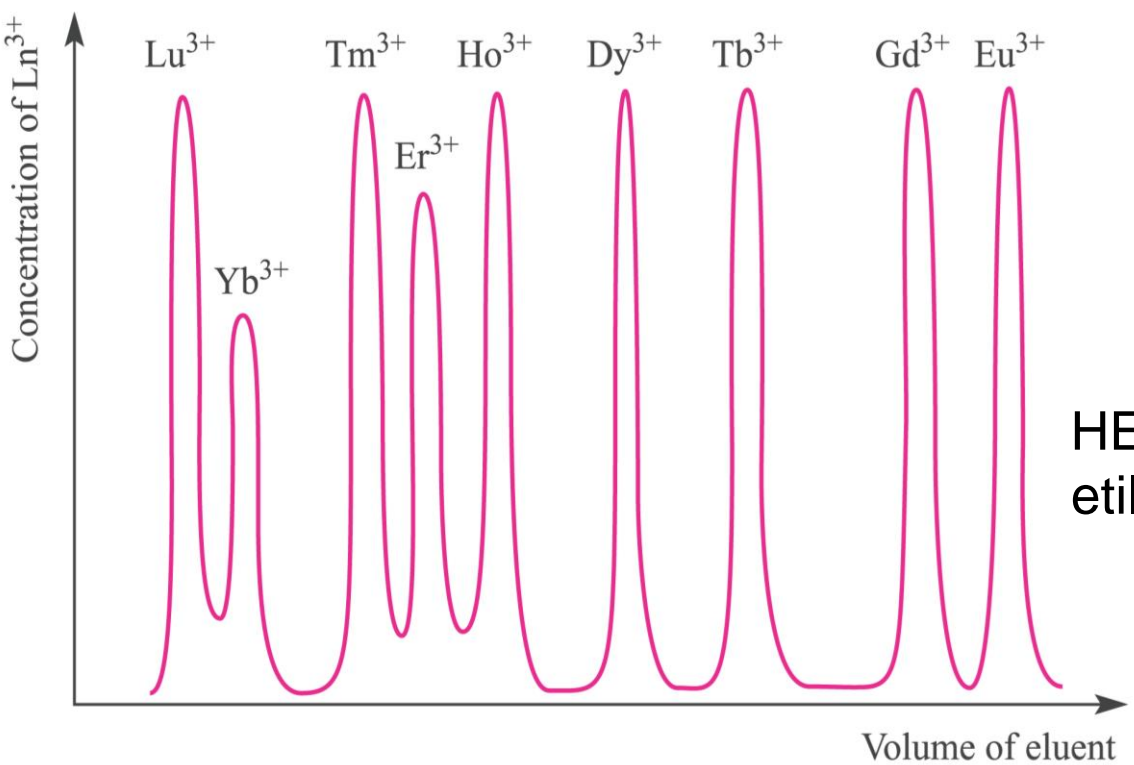
Miniera di Mountain Pass

(7.7% di REO)





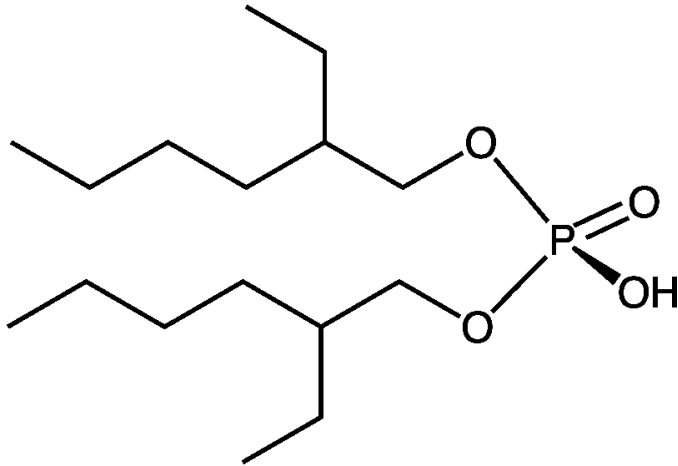
Sequenza di eluizione da una colonna a scambio cationico (fase stazionaria non selettiva, e.g. Dowex) dei complessi dei lantanidi più pesanti eluendo con una soluzione di EDTA⁴⁻



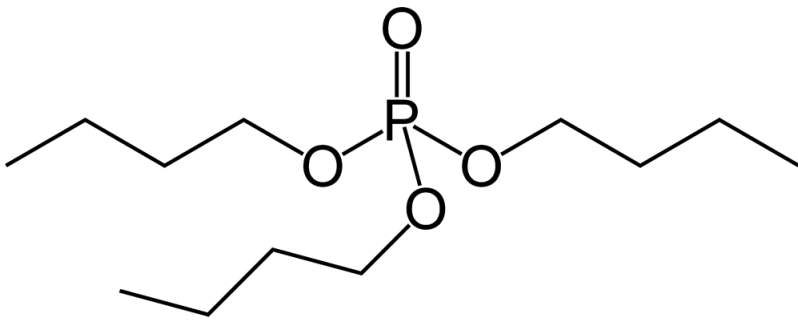
HEDTA = acido N-idrossietil-etilendiaminotriacetico

SX, Solvent eXtraction

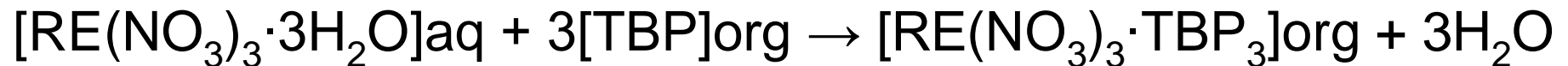
fattore di separazione $\alpha_B^A = \frac{D_A}{D_B}$



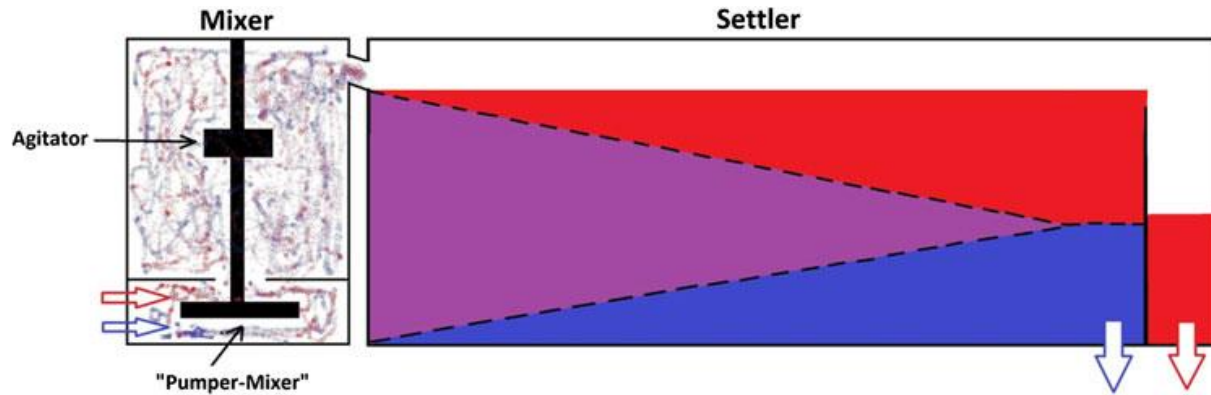
acido di-2-etil-esilfosforico
(**HDEHP** o DEHPA) per RE
come cloruri o solfati



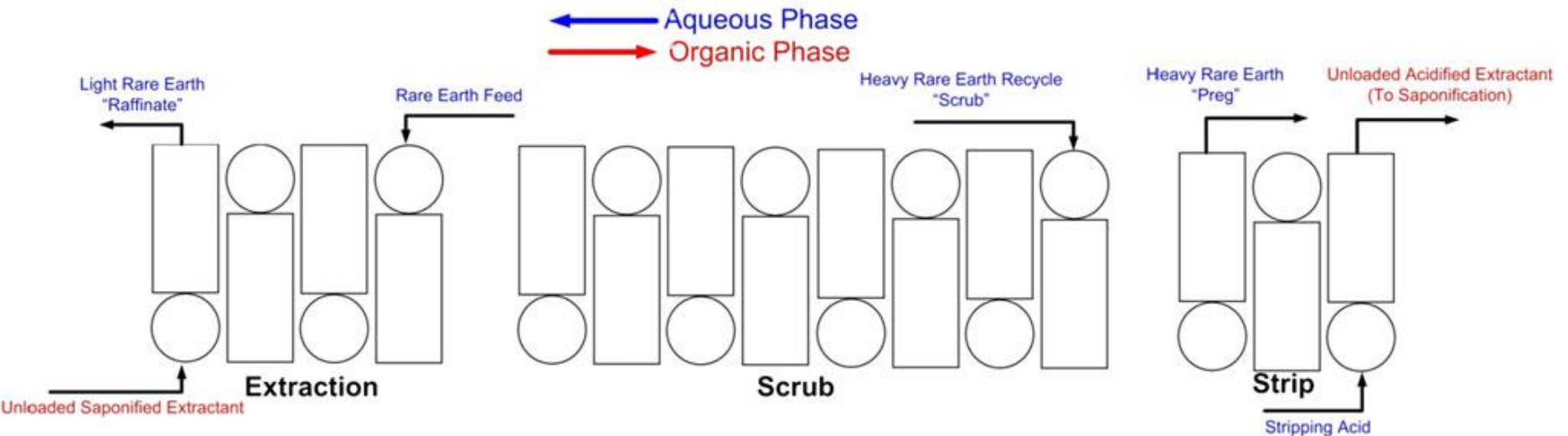
tri-*n*-butil fosfato (**TBP**) per RE
come nitrati



Unità *mixer-settler*



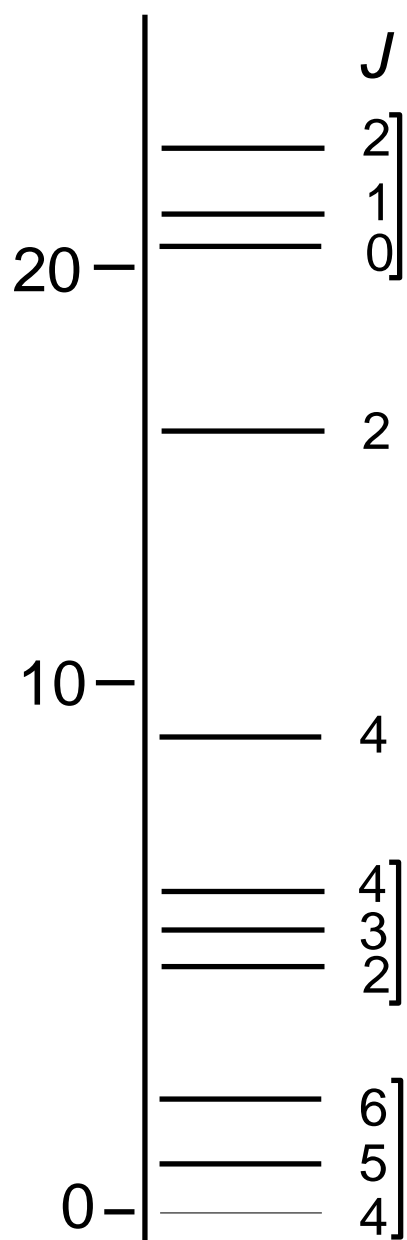
Schema di impianto SX



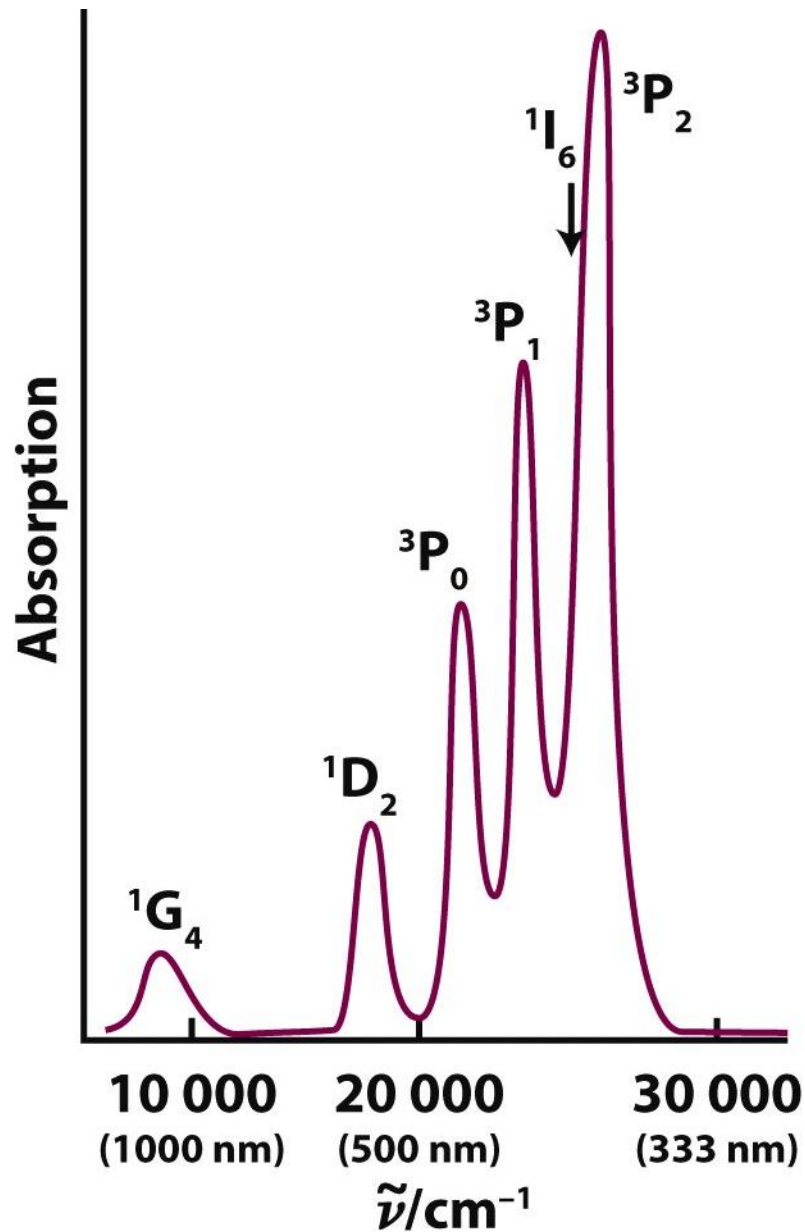
Proprietà ottiche degli ioni dei lantanidi

Metal ion	Colour	Ground state electronic configuration	Ground state term symbol	Magnetic moment, μ (298 K) / μ_B	
				Calculated from equation 25.1	Observed
La ³⁺	Colourless	[Xe]4f ⁰	¹ S ₀	0	0
Ce ³⁺	Colourless	[Xe]4f ¹	² F _{5/2}	2.54	2.3–2.5
Pr ³⁺	Green	[Xe]4f ²	³ H ₄	3.58	3.4–3.6
Nd ³⁺	Lilac	[Xe]4f ³	⁴ I _{9/2}	3.62	3.5–3.6
Pm ³⁺	Pink	[Xe]4f ⁴	⁵ I ₄	2.68	2.7
Sm ³⁺	Yellow	[Xe]4f ⁵	⁶ H _{5/2}	0.84	1.5–1.6
Eu ³⁺	Pale pink	[Xe]4f ⁶	⁷ F ₀	0	3.4–3.6
Gd ³⁺	Colourless	[Xe]4f ⁷	⁸ S _{7/2}	7.94	7.8–8.0
Tb ³⁺	Pale pink	[Xe]4f ⁸	⁷ F ₆	9.72	9.4–9.6
Dy ³⁺	Yellow	[Xe]4f ⁹	⁶ H _{15/2}	10.63	10.4–10.5
Ho ³⁺	Yellow	[Xe]4f ¹⁰	⁵ I ₈	10.60	10.3–10.5
Er ³⁺	Rose pink	[Xe]4f ¹¹	⁴ I _{15/2}	9.58	9.4–9.6
Tm ³⁺	Pale green	[Xe]4f ¹²	³ H ₆	7.56	7.1–7.4
Yb ³⁺	Colourless	[Xe]4f ¹³	² F _{7/2}	4.54	4.4–4.9
Lu ³⁺	Colourless	[Xe]4f ¹⁴	¹ S ₀	0	0

91 microstati



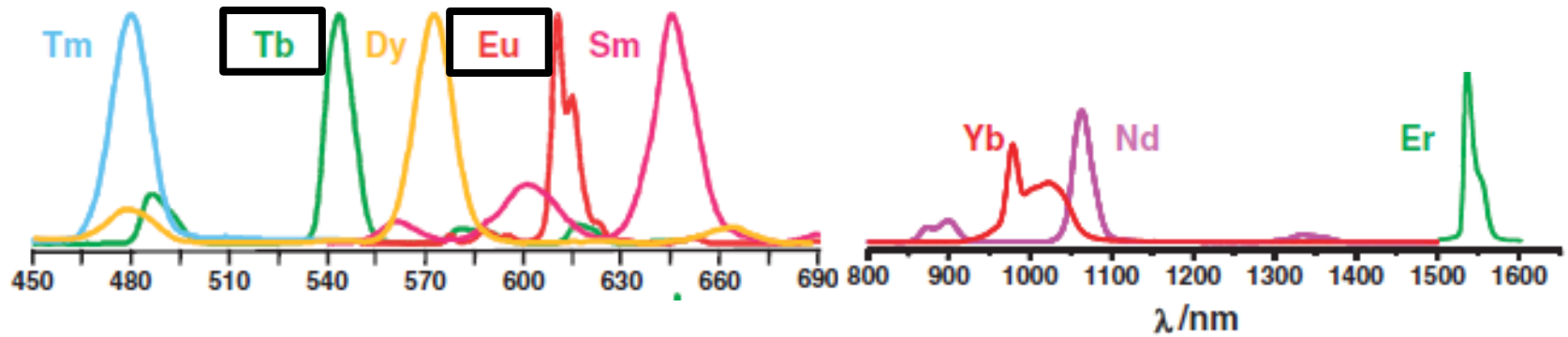
Pr^{3+}, f^2



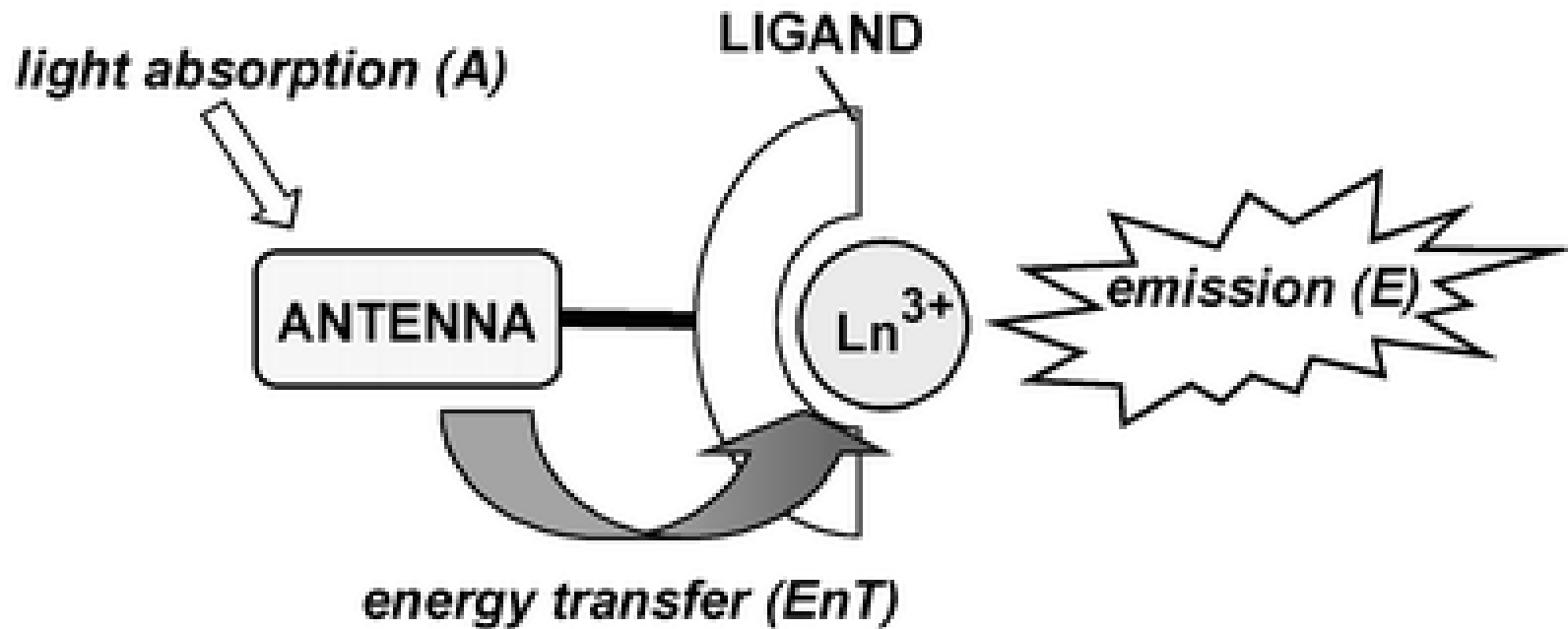
Spettri di assorbimento elettronico degli ioni Ln^{3+}

- Numero elevato di assorbimenti a causa del gran numero di microstati.
- Assorbimenti deboli a causa della mancanza di mescolamento fra gli orbitali (transizioni proibite secondo Laporte). I coefficienti di assorbanza molare (ϵ) valgono tipicamente $1 - 10 \text{ dm}^3 \text{ mol}^{-1} \text{ cm}^{-1}$; in confronto, quelli dei metalli d sono prossimi a $100 \text{ dm}^3 \text{ mol}^{-1} \text{ cm}^{-1}$.
- Bande affilate a causa delle deboli interazioni degli orbitali f con le vibrazioni dei leganti.
- Spettri in larga parte indipendenti dalla natura dei leganti e dal numero di coordinazione.

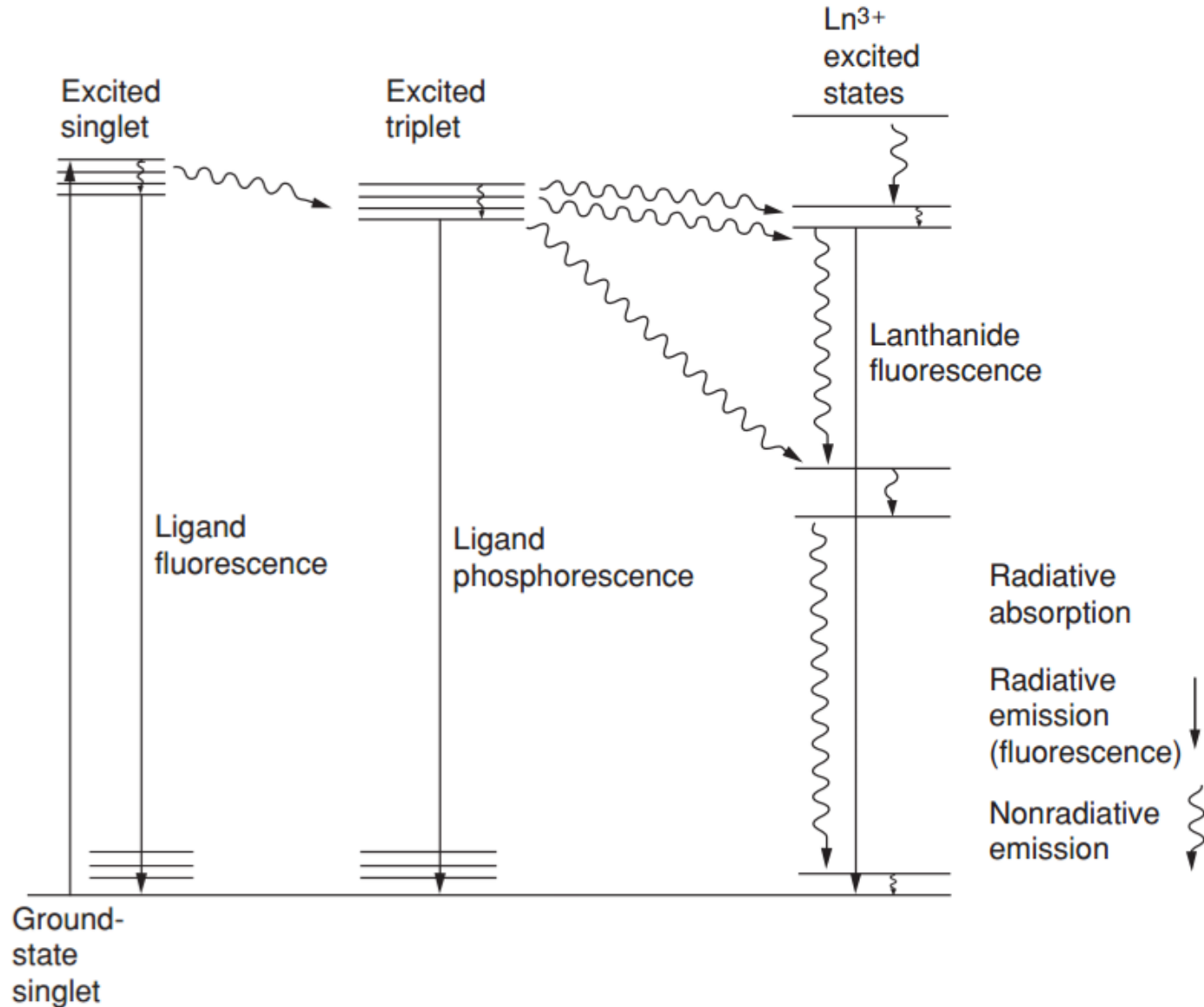
Spettri di emissione degli ioni Ln^{3+}



Sensibilizzazione (*antenna excitation*)



Sensibilizzazione (*antenna excitation*)



Lanthanide-doped LED (*fosfori*)

White-emitting LED = core LED blu (GaN, $\lambda_{em} = 450 - 470$ nm) ricoperto da uno strato di resina epossidica contenente un *fosforo al lantanide* che emette nel giallo (e.g. *yttrium aluminium garnet*, YAG, drogato con cerio (YAG:Ce)).

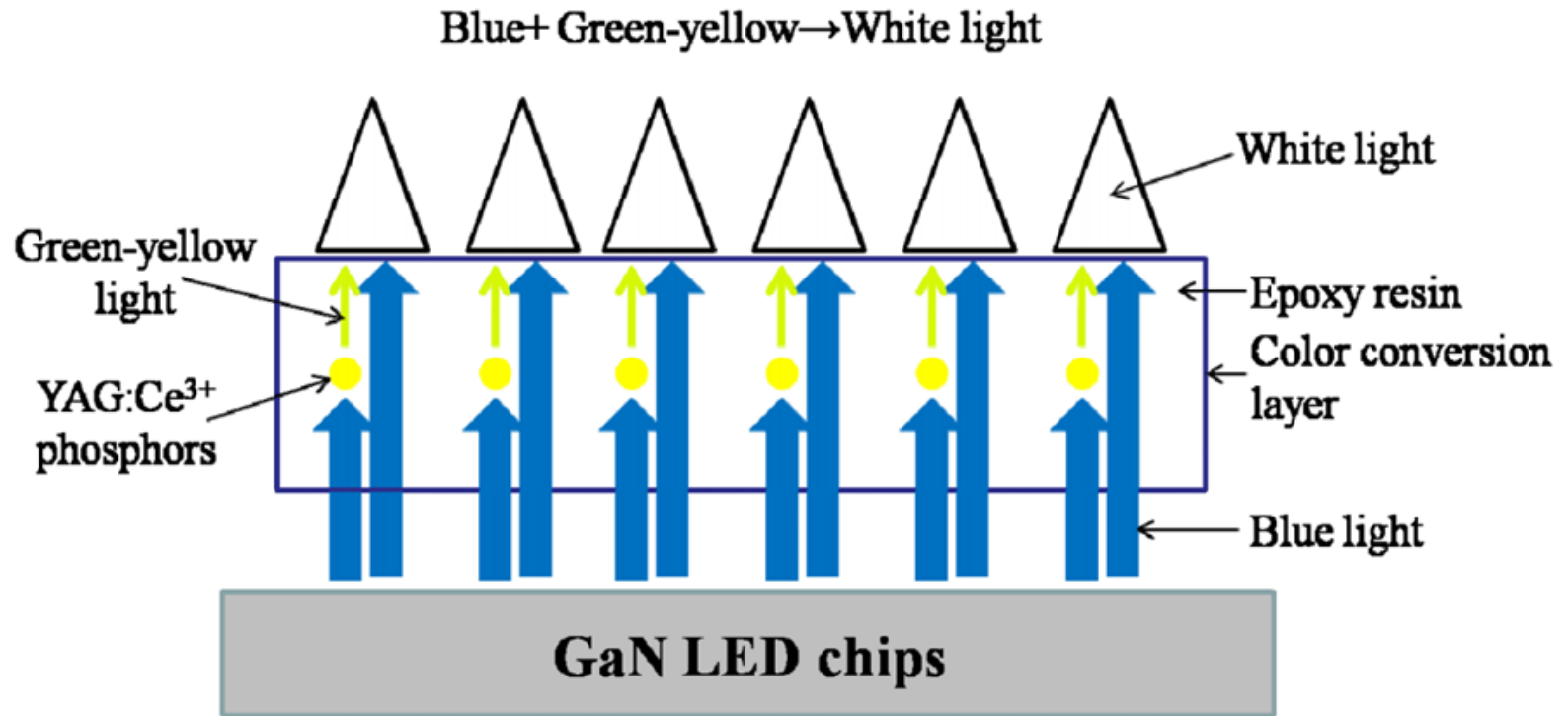
Blu + giallo = bianco

Granato (*garnet*) = $M_3M'_2(XO_4)_3$, (M/M' = 2⁺/3⁺, X = Si, Al, Ga, Ge)

Granato di ittrio e alluminio (YAG) = $Y_3Al_5O_{12}$

La struttura del granato definisce dei siti ottacoordinati che possono venire occupati da ioni dei lantanidi (e.g. al posto di Y³⁺)

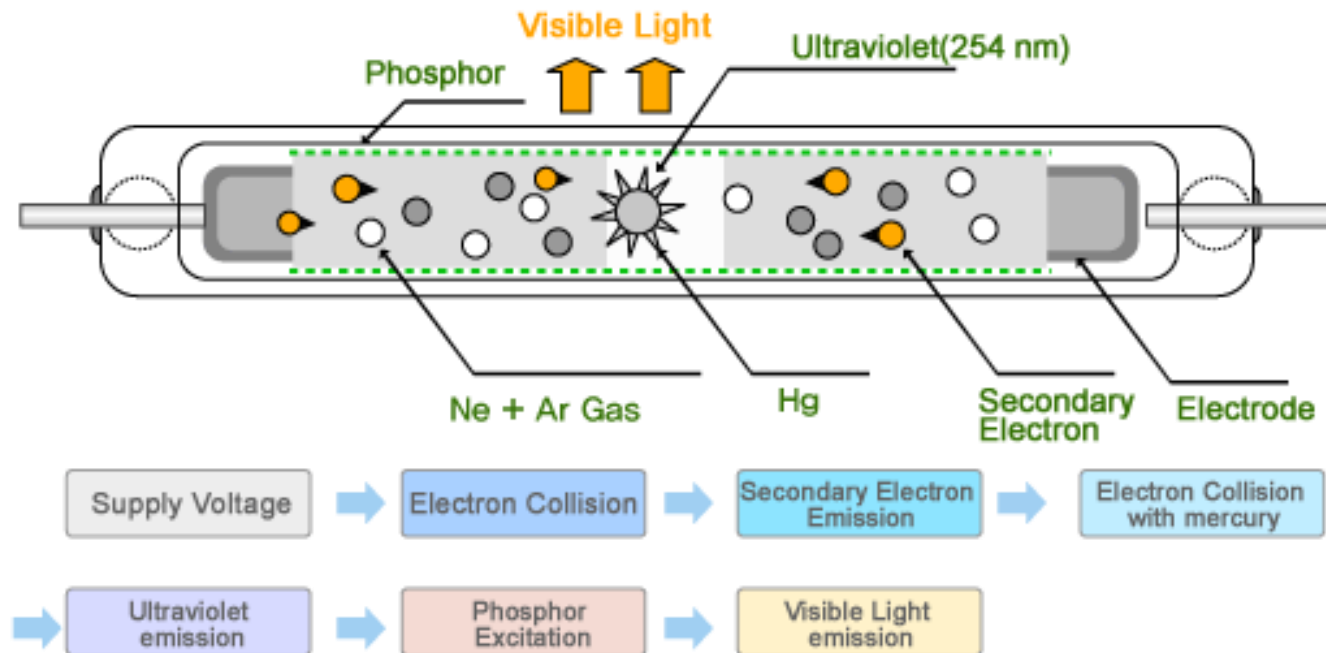
Lanthanide-doped LED



Fosfori a base di lantanidi per lampade fluorescenti (Cold Cathode Fluorescent Lamp, CCFL)

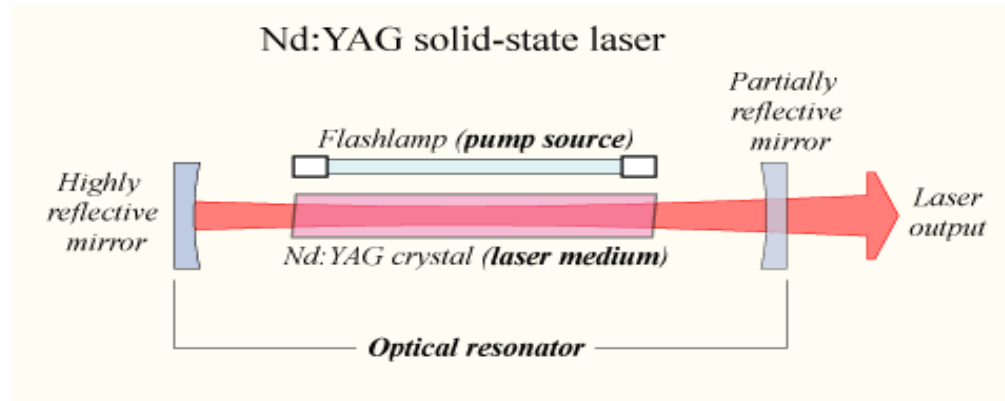


Cold Cathode Fluorescent Lamp (CCFL)

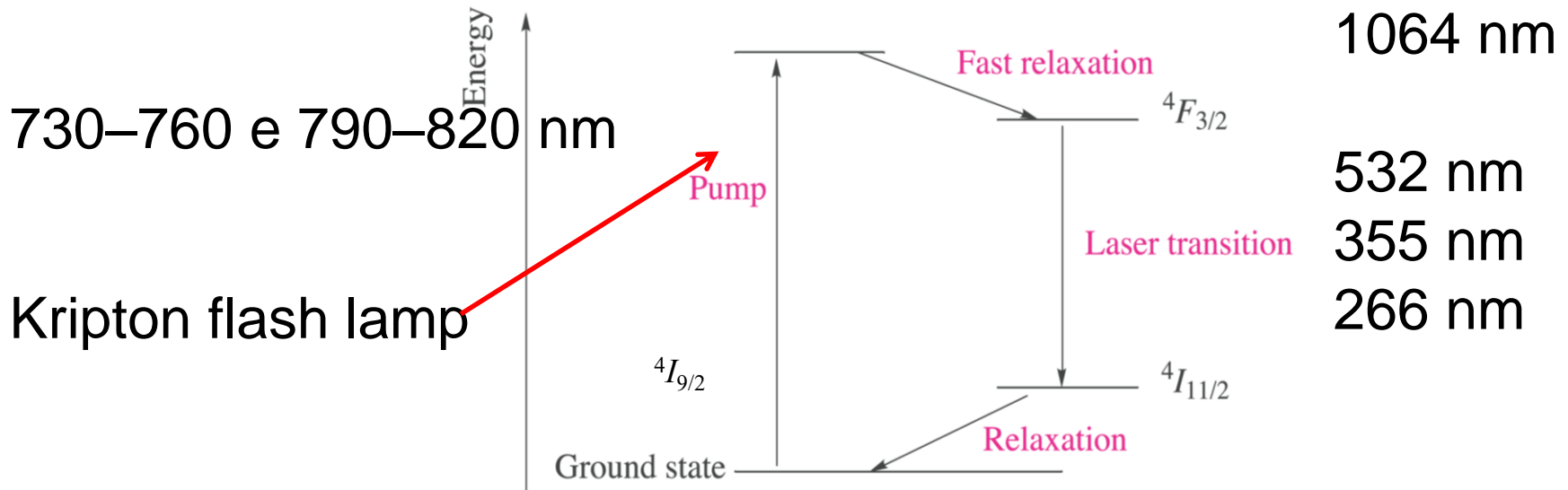


fosfori a base di Y, La, Ce, Eu, Gd, Tb

Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation



Laser Nd:YAG (yttrium aluminum garnet, $Y_3Al_5O_{12}$)
inversion di popolazione



LASER a 4 livelli

$$\mu = g_J \{J(J+1)\}^{1/2} \mu_B$$

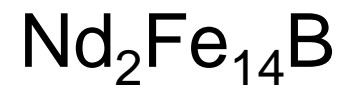
$$g_J = 1 + \frac{S(S+1) - L(L+1) + J(J+1)}{2J(J+1)}$$

g = fattore di Landè

Metal ion	Colour	Ground state electronic configuration	Ground state term symbol	Magnetic moment, μ (298 K) / μ_B	
				Calculated from equation 25.1	Observed
La ³⁺	Colourless	[Xe]4f ⁰	¹ S ₀	0	0
Ce ³⁺	Colourless	[Xe]4f ¹	² F _{5/2}	2.54	2.3–2.5
Pr ³⁺	Green	[Xe]4f ²	³ H ₄	3.58	3.4–3.6
Nd ³⁺	Lilac	[Xe]4f ³	⁴ I _{9/2}	3.62	3.5–3.6
Pm ³⁺	Pink	[Xe]4f ⁴	⁵ I ₄	2.68	2.7
Sm ³⁺	Yellow	[Xe]4f ⁵	⁶ H _{5/2}	0.84	1.5–1.6
Eu ³⁺	Pale pink	[Xe]4f ⁶	⁷ F ₀	0	3.4–3.6
Gd ³⁺	Colourless	[Xe]4f ⁷	⁸ S _{7/2}	7.94	7.8–8.0
Tb ³⁺	Pale pink	[Xe]4f ⁸	⁷ F ₆	9.72	9.4–9.6
Dy ³⁺	Yellow	[Xe]4f ⁹	⁶ H _{15/2}	10.63	10.4–10.5
Ho ³⁺	Yellow	[Xe]4f ¹⁰	⁵ I ₈	10.60	10.3–10.5
Er ³⁺	Rose pink	[Xe]4f ¹¹	⁴ I _{15/2}	9.58	9.4–9.6
Tm ³⁺	Pale green	[Xe]4f ¹²	³ H ₆	7.56	7.1–7.4
Yb ³⁺	Colourless	[Xe]4f ¹³	² F _{7/2}	4.54	4.4–4.9
Lu ³⁺	Colourless	[Xe]4f ¹⁴	¹ S ₀	0	0

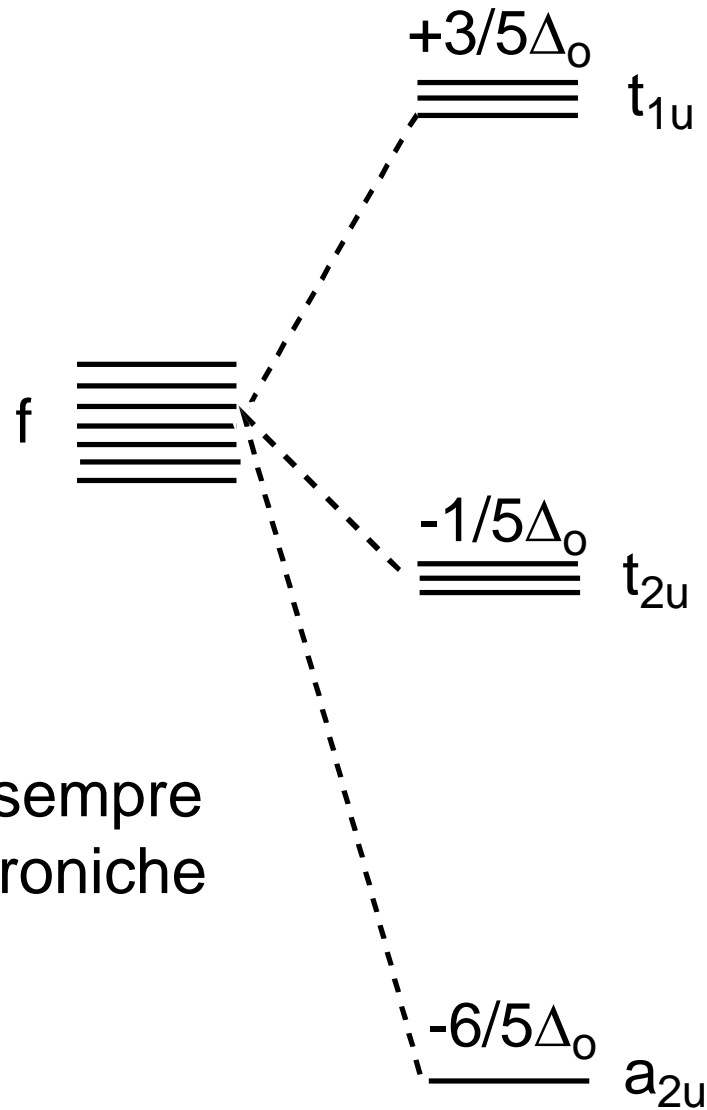
Supermagneti

Leghe samario-cobalto



Boruro di neodimio e ferro

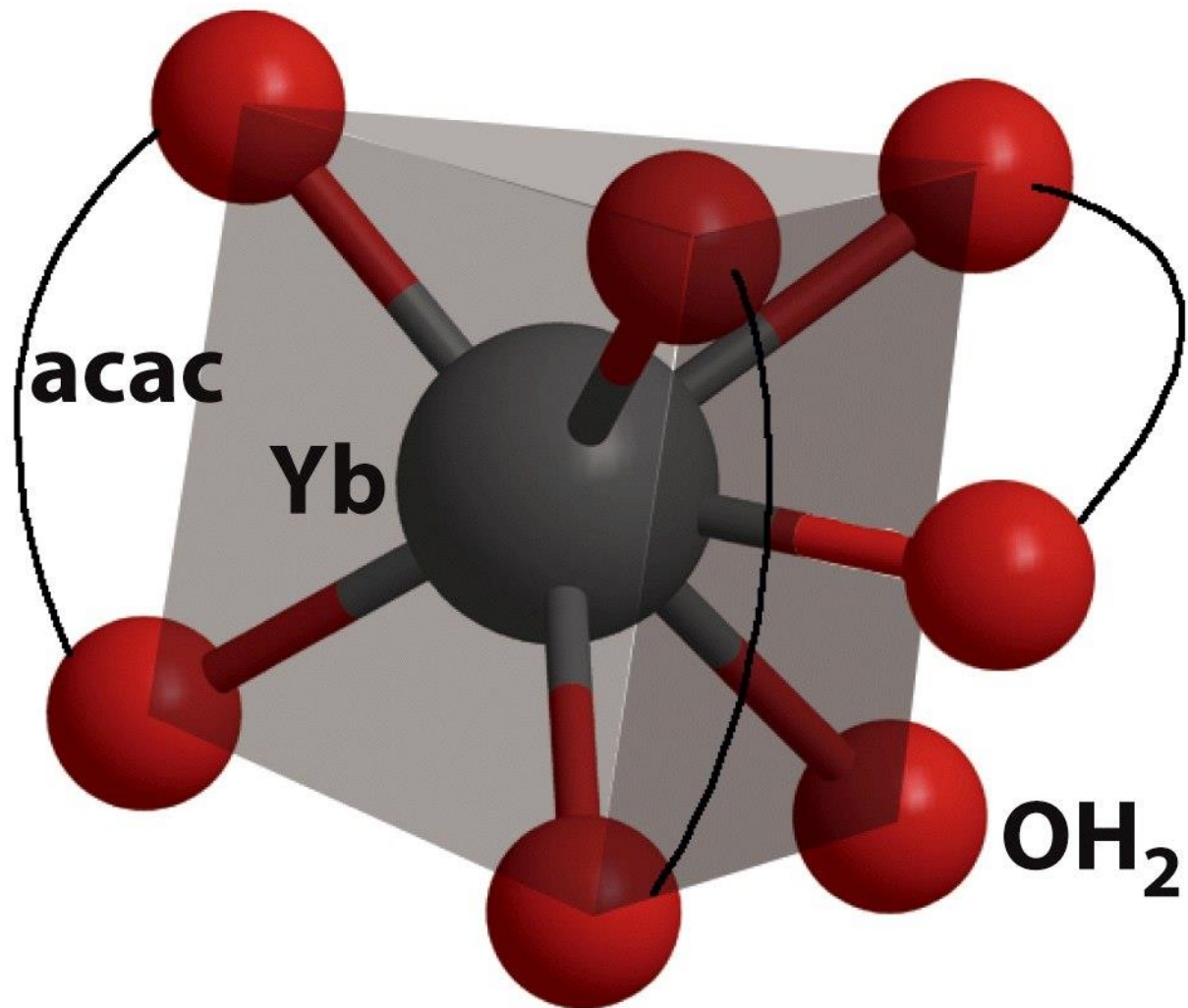
Splitting in campo ottaedrico



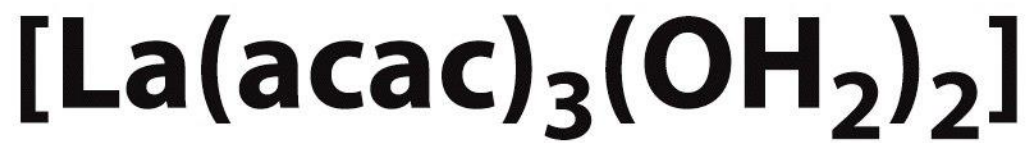
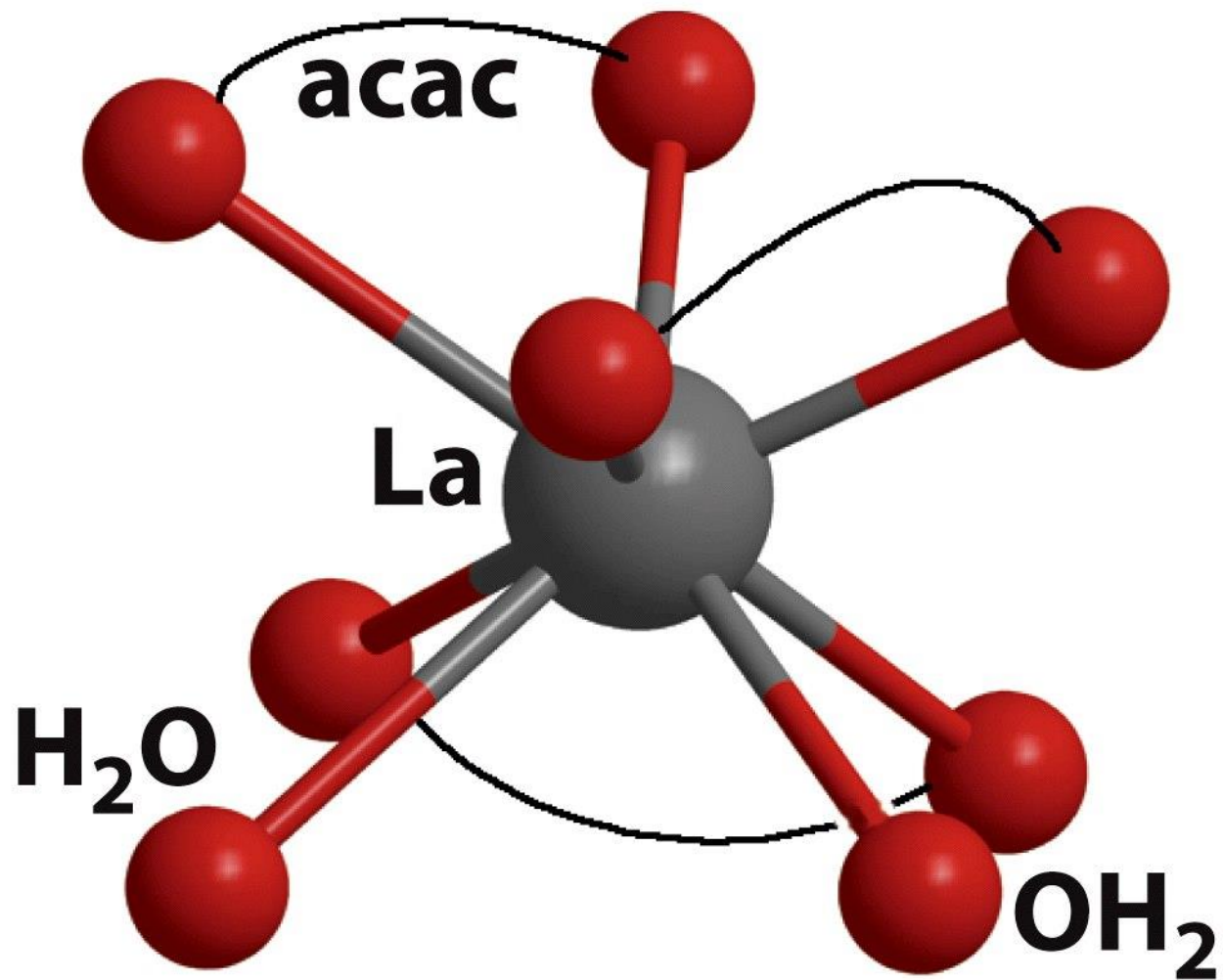
Splitting modesto, sempre configurazioni elettroniche ad alto spin

I numeri di coordinazione di solito sono superiori a 6 e i leganti adottano geometrie che minimizzano le repulsioni tra di loro. Infatti gli elettroni f – essendo molto interni – non hanno una sostanziale influenza di tipo stereochimico.

Complessi stabili si ottengono soltanto con chelanti polidentati anionici *hard*, tipicamente con O come atomo donatore.

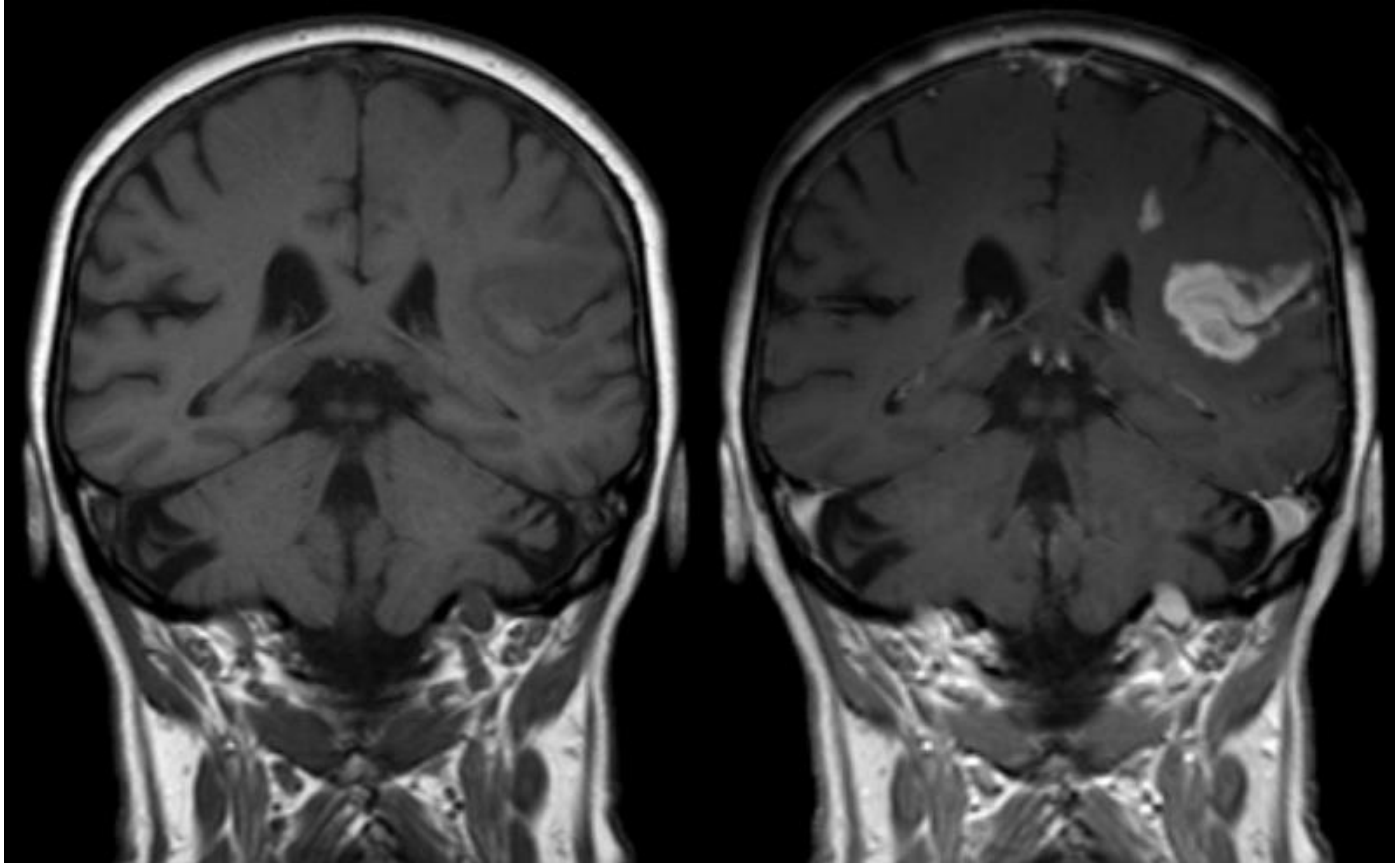


Prisma trigonale cappato



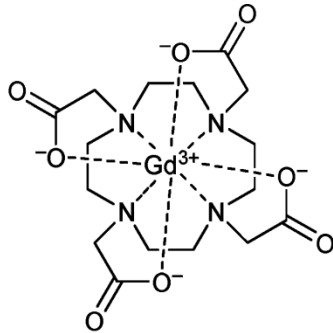
Antiprisma quadrato

Magnetic Resonance Imaging (MRI)

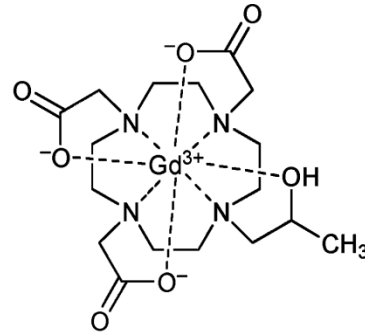


Defect of the blood-brain barrier after stroke shown in MRI. T1-weighted images: left image = without; right image = with contrast medium administration

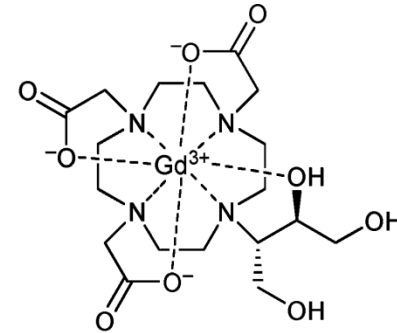
Some commercial T₁ contrast agents (extracellular fluid CAs)



Gd-DOTA
Dotarem®
(Guerbet)

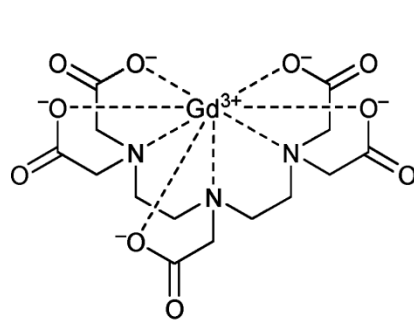


Gd-HP-DO3A
ProHance®
(Bracco)

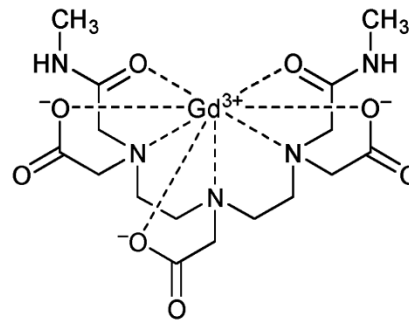


Gd-BT-DO3A
Gadovist®
(Schering)

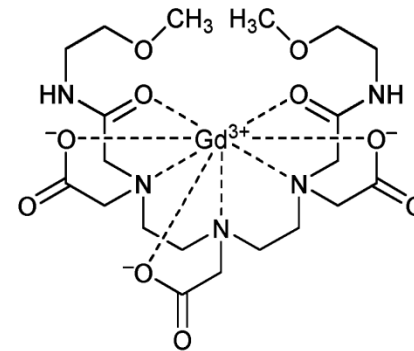
Typical dose =
0.1 – 0.3 mmoles/kg



Gd-DTPA
Magnevist®
(Schering)



Gd-DTPA-BMA
Omniscan®
(Amersham)



Gd-DTPA-BMEA
OptiMARK®
(Mallinckrodt)

Attinidi

TABELLA 23.2 Tempi di semi-vita degli isotopi più stabili degli attinidi.

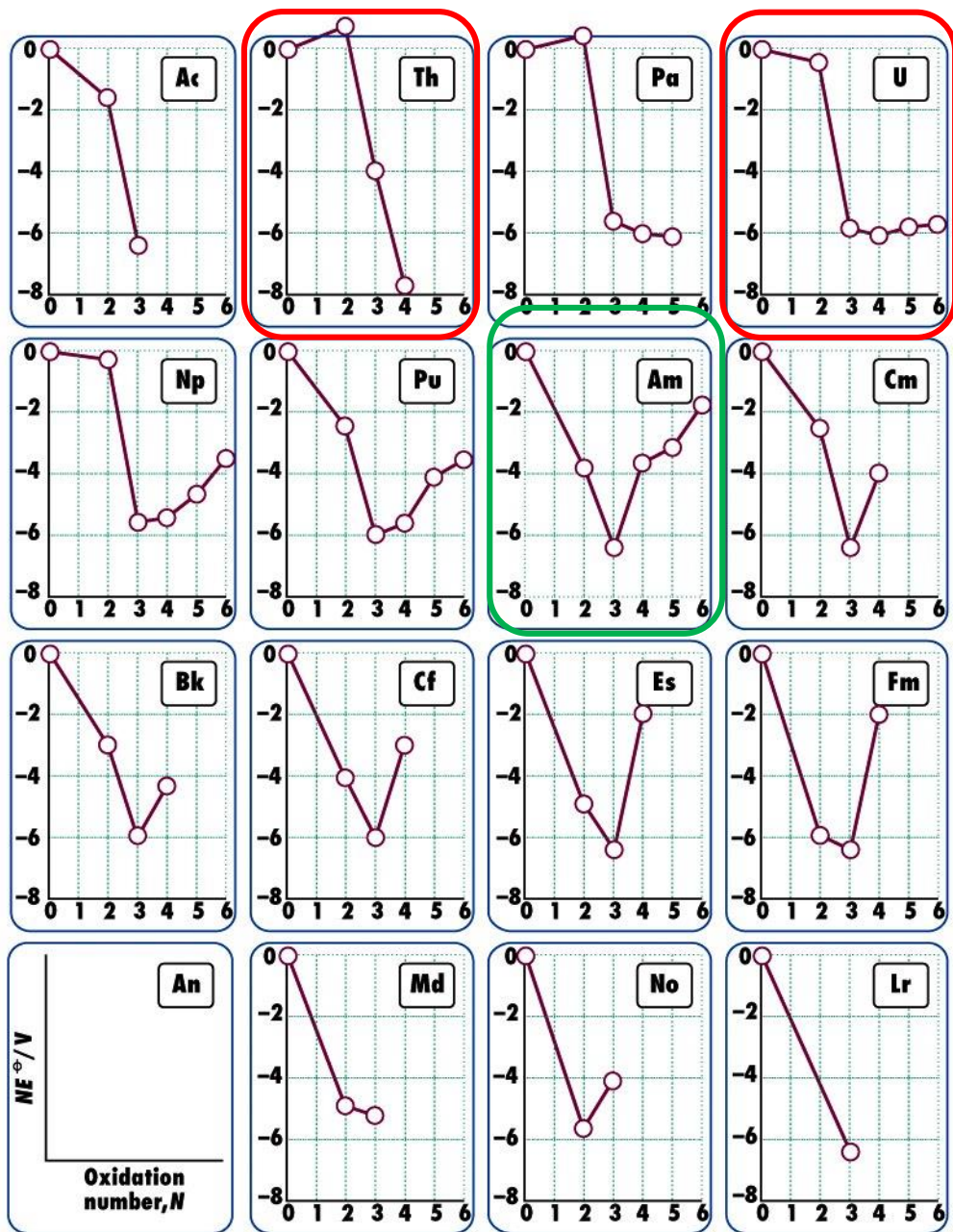
Z	Elemento	Simbolo	Numero di massa	$t_{1/2}$
89	attinio	Ac	227	21,8 a
90	torio	Th	232	$1,41 \times 10^{10}$ a
91	protoattinio	Pa	231	$3,28 \times 10^4$ a
92	uranio	U	238	$4,47 \times 10^9$ a
93	nettunio	Np	237	$2,14 \times 10^6$ a
94	plutonio	Pu	244	$8,1 \times 10^7$ a
95	americio	Am	243	$7,38 \times 10^3$ a
96	curio	Cm	247	$1,6 \times 10^7$ a
97	berkelio	Bk	247	$1,38 \times 10^3$ a
98	californio	Cf	251	900 a
99	einsteinio	Es	252	460 g
100	fermio	Fm	257	100 g
101	mendelevio	Md	258	55 g
102	nobelio	No	259	1,0 h
103	laurenzio	Lr	260	3 min

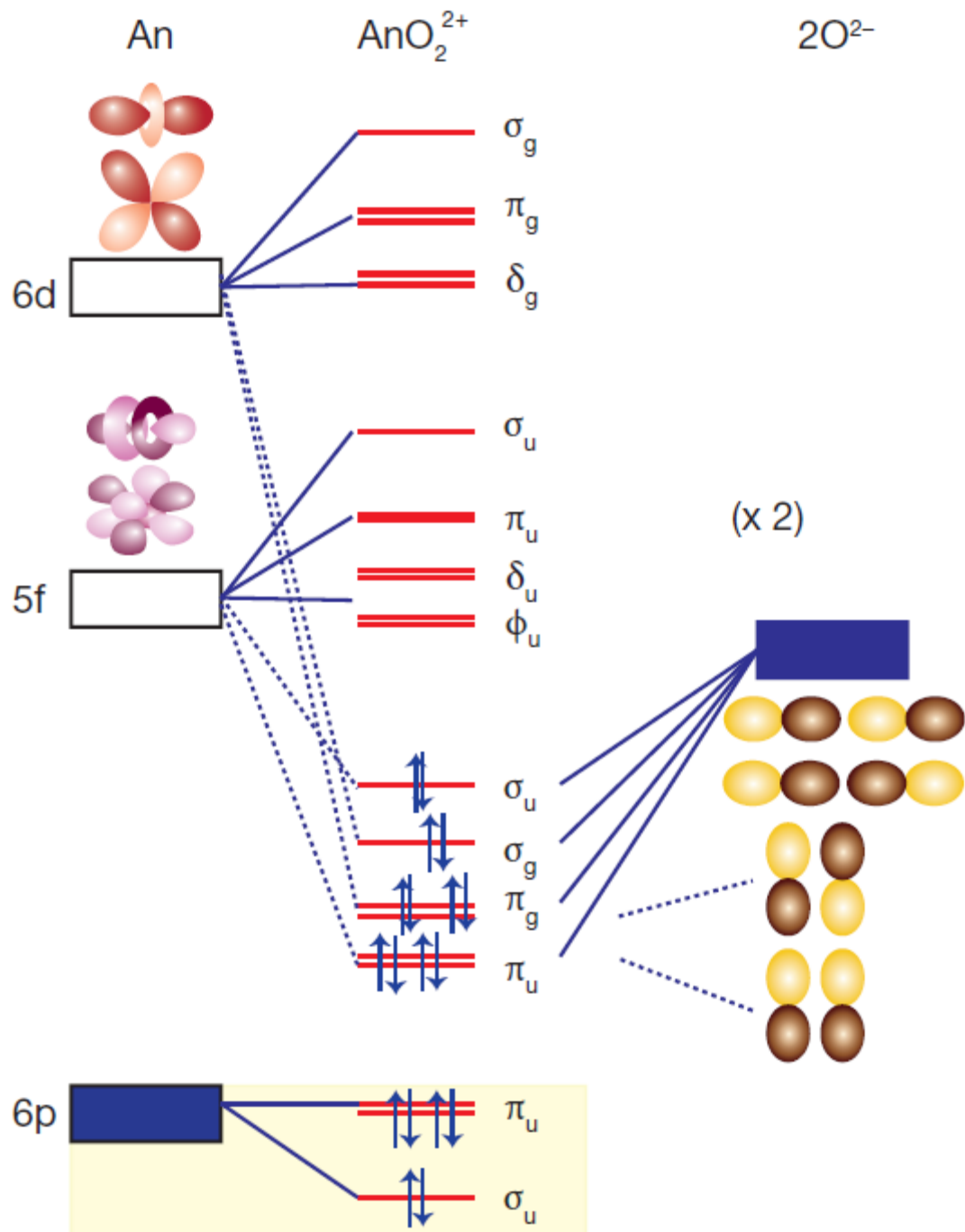
a = anno, g = giorno, h = ora, min = minuto.

Le proprietà chimiche degli attinidi lungo la serie sono molto meno uniformi rispetto a quelle dei lantanidi e i membri di inizio serie (Ac–Am) assomigliano ai metalli d di inizio serie in quanto possiedono un gran numero di stati di ossidazione disponibili. Gli orbitali 5f presentano un nodo radiale e hanno una regione interna che scherma la parte esterna dell'orbitale dalla carica nucleare: di conseguenza gli orbitali 5f sono molto meno simili a orbitali di nocciolo rispetto ai 4f, almeno fino al Pu.

Per i numeri di ossidazione +5 e +6 degli attinidi di inizio serie (U, Np, Pu e Am), le specie prevalenti in soluzione acquosa sono gli ioni diossido lineari – o quasi lineari – AnO_2^+ e AnO_2^{2+} , stabilizzate da forte donazione σ e π negli orbitali 6d e 5f.

Spostandosi lungo la serie, lo stato di ossidazione 3+ diventa progressivamente dominante, e gli elementi pesanti transuranici assomigliano ai lantanidi.





Lo ione uranile, UO_2^{2+} , in soluzione e nei suoi composti ha un intenso colore giallo dovuto a transizioni LMCT.

Lo ione uranile è anche fortemente fluorescente, con una forte emissione fra 500 e 550 nm qualora venga eccitato con luce UV (vetri all'uranio).

