

10. TAVOLA PERIODICA DI MENDELEEV

D. Nel 1869 il chimico russo *Dmitri Ivanovic Mendeleev* (1834-1907) inviò una comunicazione alla Società fisico-chimica russa, usando un linguaggio ammirevole per la sua semplicità: «Disponendo gli elementi in ordine successivo di peso atomico ed andando a capo nello scriverli, in opportuna guisa, si vengono a trovare in colonna gli elementi simili». Tutto questo quando la struttura dell'atomo era ancora sconosciuta, quindi si ignorava l'esistenza di protoni ed elettroni. Mendeleev lasciò persino quattro caselle vuote nel suo edificio, sostenendo che avrebbero dovuto essere occupate da elementi allora sconosciuti; si spinse persino ad indicare non soltanto i pesi atomici di questi elementi ma anche a descrivere le loro proprietà e quelle dei loro composti. Denominò gli elementi previsti, poi scoperti anni dopo, *ekaboro* (scandio, 1879) *ekasilicio* (germanio, 1886), *ekamanganese* (renio, 1925) ed *ekaalluminio* (gallio, 1875).

R. Non mi aveva detto che nella tavola periodica gli elementi sono elencati in ordine crescente di *numero* atomico? Perché adesso parla di *peso* atomico? Sono la stessa cosa?

D. Non sono la stessa cosa. Troveremo più avanti la definizione di peso atomico. Nella versione attuale della tavola periodica di Mendeleev gli elementi sono classificati in ordine crescente di *numero atomico*.

Le righe orizzontali sono detti *periodi* e rappresentano la sequenza di riempimento degli orbitali. Le diciotto colonne sono chiamate *gruppi* e comprendono elementi aventi caratteristiche simili.

Tab 10/1. Gli elementi conosciuti all'epoca di Mendeleev.

1	2	3d	4d	5d	6d	7d	8d	9d	10d	11d	12d	13	14	15	16	17	18
1 H																	
3 Li	4 Be											5 B	6 C	7 N	8 O	9 F	
11 Na	12 Mg											13 Al	14 Si	15 P	16 S	17 Cl	
19 K	20 Ca		22 Ti	23 V	24 Cr	25 Mn	26 Fe	27 Co	28 Ni	29 Cu	30 Zn			33 As	34 Se	35 Br	
37 Rb	38 Sr	39 Y	40 Zr	41 Nb	42Mo		44 Ru	45 Rh	46 Pd	47 Ag	48 Cd	49 In	50 Sn	51 Sb	52 Te	53 I	
55 Cs	56 Ba	57 La		73 Ta	74W		76Os	77 Ir	78 Pt	79 Au	80 Hg	81 Tl	82Pb	83Bi			

58 Ce																	
90 Th		92 U															

10.1. Periodi

D. Riscriviamo la sequenza di riempimento degli orbitali

$1s$ ($2s$ $2p$) ($3s$ $3p$) ($4s$ $3d$ $4p$) ($5s$ $4d$ $5p$) ($6s$ $4f$ $5d$ $6p$) ($7s$ $5f$ $6d$)

ricordando anche il numero massimo possibile di elettroni per ogni orbitale; 2 nell' orbitale s ; 6 nei tre orbitali p ; 10 nei cinque orbitali d ; 14 nei sette orbitali f .

* Il **primo periodo** comprende soltanto *due* elementi in cui vi sono rispettivamente 1 e 2 elettroni nell'orbitale $1s$:

1	idrogeno	H	$1s^1$
2	elio	He	$1s^2$

Noti che il breve periodo si chiude con un gas nobile, l'elio.

* Il **secondo periodo** comprende *otto* elementi in cui l'orbitale $1s$ è completo; vengono occupati progressivamente l'orbitale $2s$ e i tre orbitali $2p$. Nell'ultima colonna, e anche nei successivi schemi, indicheremo il numero degli elettroni periferici:

3	Litio	Li	(He) $2s^1$	1
4	berillio	Be	(He) $2s^2$	2
5	boro	B	(He) $2s^2 2p^1$	3
6	carbonio	C	(He) $2s^2 2p^2$	4
7	azoto	N	(He) $2s^2 2p^3$	5
8	ossigeno	O	(He) $2s^2 2p^4$	6
9	fluoro	F	(He) $2s^2 2p^5$	7
10	Neo	Ne	(He) $2s^2 2p^6$	8

Anche il secondo periodo si chiude con un gas nobile, il neo, avente *otto* elettroni sul livello 2.

* Il **terzo periodo** comprende *otto* elementi in cui gli orbitali $1s$, $2s$, $2p$ sono completi; vengono successivamente occupati l'orbitale $3s$ e i tre orbitali $3p$

11	sodio	Na	(Ne) $3s^1$	1
12	magnesio	Mg	(Ne) $3s^2$	2
13	alluminio	Al	(Ne) $3s^2 3p^1$	3
14	silicio	Si	(Ne) $3s^2 3p^2$	4
15	fosforo	P	(Ne) $3s^2 3p^3$	5
16	zolfo	S	(Ne) $3s^2 3p^4$	6
17	cloro	Cl	(Ne) $3s^2 3p^5$	7
18	argo	Ar	(Ne) $3s^2 3p^6$	8

D. Come vede, anche il terzo periodo si chiude con un gas nobile, l'argo, avente *otto* elettroni sul livello 3.

* Il **quarto periodo** comprende 18 elementi in cui gli orbitali ($1s$, $2s$, $3s$) ($2p$, $3p$) sono completi. Riprenda l'elenco.

R. Viene occupato l'orbitale $4s$...:

19	potassio	K	(Ar) $4s^1$	1
20	calcio	Ca	(Ar) $4s^2$	2

Poi l'orbitale $4p\dots$

D. Alt. Osservi attentamente l'aufbau, noterà che *prima dell'orbitale $4p$ si riempiono gli orbitali $3d$. Quindi, gli orbitali $4p$ rimangono vuoti e vengono progressivamente occupati i cinque orbitali $3d$: è iniziata una prima transizione. Nei dieci elementi, dallo scandio allo zinco, detti appunto *elementi di transizione*, si verifica qualche anomalia ed in questo caso l'elemento è contrassegnato con un asterisco:*

21	scandio	Sc	(Ar) $3d^1 4s^2 4p^0$	2
22	titanio	Ti	(Ar) $3d^2 4s^2 4p^0$	2
23	vanadio	V	(Ar) $3d^3 4s^2 4p^0$	2
24	cromo(*)	Cr	(Ar) $3d^5 4s^1 4p^0$	1
25	manganese	Mn	(Ar) $3d^5 4s^2 4p^0$	2
26	ferro	Fe	(Ar) $3d^6 4s^2 4p^0$	2
27	cobalto	Co	(Ar) $3d^7 4s^2 4p^0$	2
28	nichelio	Ni	(Ar) $3d^8 4s^2 4p^0$	2
29	rame(*)	Cu	(Ar) $3d^{10} 4s^1 4p^0$	1
30	zinco	Zn	(Ar) $3d^{10} 4s^2 4p^0$	2

Terminata la prima transizione, negli ultimi sei elementi del quarto periodo inizia l'occupazione degli orbitali $4p$.

31	gallio	Ga	(Ar) $3d^{10} 4s^2 4p^1$	3
32	germanio	Ge	(Ar) $3d^{10} 4s^2 4p^2$	4
33	arsenico	As	(Ar) $3d^{10} 4s^2 4p^3$	5
34	selenio	Se	(Ar) $3d^{10} 4s^2 4p^4$	6
35	bromo	Br	(Ar) $3d^{10} 4s^2 4p^5$	7
36	cripto	Kr	(Ar) $3d^{10} 4s^2 4p^6$	8

Anche il quarto periodo si chiude con un gas nobile, il cripto, avente *otto* elettroni sul livello 4.

* Il **quinto periodo** comprende 18 elementi in cui gli orbitali ($1s$, $2s$, $3s$, $4s$) ($2p$, $3p$, $4p$) e $3d$ sono completi. Nei primi due elementi viene occupato l'orbitale $5s$.

37	rubidio	Rb	(Kr) $5s^1$	1
38	stronzio	Sr	(Kr) $5s^2$	2

A questo punto gli orbitali $5p$ rimangono vuoti e vengono occupati progressivamente i 5 orbitali $4d$; questa *seconda transizione* si sviluppa dall'ittrio al cadmio:

39	ittrio	Y	(Kr) $4d^1 5s^2$	2
40	zirconio	Zr	(Kr) $4d^2 5s^2$	2
41	niobio(*)	Nb	(Kr) $4d^4 5s^1$	1
42	molibdeno(*)	Mo	(Kr) $4d^5 5s^1$	1
43	tecnezio	Tc	(Kr) $4d^5 5s^2$	2
44	rutenio(*)	Ru	(Kr) $4d^7 5s^1$	2
45	rodio(*)	Rh	(Kr) $4d^8 5s^1$	1
46	palladio	Pd	(Kr) $4d^{10}$	0
47	argento(*)	Ag	(Kr) $4d^{10} 5s^1$	1
48	cadmio	Cd	(Kr) $4d^{10} 5s^2$	2

Terminata la seconda transizione, negli ultimi 6 elementi del periodo inizia l'occupazione degli orbitali $5p$:

49	indio	In	(Kr) $4d^{10} 5s^2 5p^1$	3
50	stagno	Sn	(Kr) $4d^{10} 5s^2 5p^2$	4
51	antimonio	Sb	(Kr) $4d^{10} 5s^2 5p^3$	5
52	tellurio	Te	(Kr) $4d^{10} 5s^2 5p^4$	6
53	iodio	I	(Kr) $4d^{10} 5s^2 5p^5$	7
54	xeno	Xe	(Kr) $4d^{10} 5s^2 5p^6$	8

Anche il quinto periodo si chiude con un gas nobile, lo xeno, avente *otto* elettroni sul livello 5.

* Il **sesto periodo** comprende 32 elementi in cui gli orbitali ($1s, 2s, 3s, 4s, 5s$) ($2p, 3p, 4p, 5p$) ($3d, 4d$) sono completi. Nei primi due elementi viene occupato l'orbitale $6s$

55	cesio	Cs	(Xe) $6s^1$	1
56	bario	Ba	(Xe) $6s^2$	2

A questo punto gli orbitali $6p$ rimangono vuoti mentre, con il lantanio, inizia una *terza transizione* e vengono occupati progressivamente gli orbitali $5d$, dal lantanio al mercurio

57	lantanio	La	(Xe) $5d^1 6s^2$	2
----	----------	----	------------------	---

ma a questo punto le cose si complicano ulteriormente perchè inizia una *transizione nella transizione*, o *transizione interna*, l'occupazione degli orbitali 4f. Nella casella 57 trovano posto 14 elementi (58 ÷ 71), molto simili al lantanio, i *lantanoidei*. Nella tavola periodica sono elencati a parte.

58	cerio	Ce	(Xe) 4f ² 5d ⁰ 6s ²
59	praseodimio	Pr	(Xe) 4f ³ 5d ⁰ 6s ²
60	neodimio	Nd	(Xe) 4f ⁴ 5d ⁰ 6s ²
61	promezio	Pm	(Xe) 4f ⁵ 5d ⁰ 6s ²
62	samario	Sa	(Xe) 4f ⁶ 5d ⁰ 6s ²
63	europio	Eu	(Xe) 4f ⁷ 5d ⁰ 6s ²
64	gadolinio(*)	Gd	(Xe) 4f ⁷ 5d ¹ 6s ²
65	terbio	Tb	(Xe) 4f ⁹ 5d ⁰ 6s ²
66	disprosio	Dy	(Xe) 4f ¹⁰ 5d ⁰ 6s ²
67	olmio	Ho	(Xe) 4f ¹¹ 5d ⁰ 6s ²
68	erbio	Er	(Xe) 4f ¹² 5d ⁰ 6s ²
69	tulio	Tm	(Xe) 4f ¹³ 5d ⁰ 6s ²
70	itterbio	Yb	(Xe) 4f ¹⁴ 5d ⁰ 6s ²
71	lutezio(*)	Lu	(Xe) 4f ¹⁴ 5d ¹ 6s ²

Terminata la transizione interna, gli elettroni riprendono ad occupare gli orbitali 5d:

72	afnio	Hf	(Xe) 4f ¹⁴ 5d ² 6s ²	2
73	tantalio	Ta	(Xe) 4f ¹⁴ 5d ³ 6s ²	2
74	wolframio	W	(Xe) 4f ¹⁴ 5d ⁴ 6s ²	2
75	renio	Re	(Xe) 4f ¹⁴ 5d ⁵ 6s ²	2
76	osmio	Os	(Xe) 4f ¹⁴ 5d ⁶ 6s ²	2
77	iridio	Ir	(Xe) 4f ¹⁴ 5d ⁷ 6s ²	2
78	platino(*)	Pt	(Xe) 4f ¹⁴ 5d ⁹ 6s ¹	1
79	oro(*)	Au	(Xe) 4f ¹⁴ 5d ¹⁰ 6s ¹	1
80	mercurio	Hg	(Xe) 4f ¹⁴ 5d ¹⁰ 6d ²	2

Terminata la terza transizione negli ultimi 6 elementi del periodo inizia l'occupazione degli orbitali 6p:

81	tallio	Tl	(Xe) 4f ¹⁴ 5d ¹⁰ 6s ² 6p ¹	3
82	piombo	Pb	(Xe) 4f ¹⁴ 5d ¹⁰ 6s ² 6p ²	4
83	bismuto	Bi	(Xe) 4f ¹⁴ 5d ¹⁰ 6s ² 6p ³	5
84	polonio	Po	(Xe) 4f ¹⁴ 5d ¹⁰ 6s ² 6p ⁴	6
85	astato	At	(Xe) 4f ¹⁴ 5d ¹⁰ 6s ² 6p ⁵	7
86	rado	Rn	(Xe) 4f ¹⁴ 5d ¹⁰ 6s ² 6p ⁶	8

Anche il sesto periodo si chiude con un gas nobile, il rado, avente *otto* elettroni sul livello 6.

* Il **settimo periodo** (l'ultimo) comprende (anno 2005) elementi i cui orbitali ($1s, 2s, 3s, 4s, 5s, 6s$) ($2p, 3p, 4p, 5p, 6p$) ($3d, 4d, 5d$) e $4f$ sono completi. Nei primi due elementi viene occupato l'orbitale $7s$

87	francio	Fr	(Rn) $7s^1$	1
88	radio	Ra	(Rn) $7s^2$	2

A questo punto gli orbitali $6p$ rimangono vuoti mentre, nell'attinio, inizia una *quarta transizione* con l'occupazione progressiva degli orbitali $6d$, dall'attinio all'ununottio (n. 118). Nell'attinio viene occupato il primo orbitale $6d$

89	attinio	Ac	(Rn) $6d^1 7s^2$	3
----	---------	----	------------------	---

ma inizia una *seconda transizione interna* con l'occupazione progressiva degli orbitali $5f$. Nella casella 89 trovano posto 14 elementi ($90 \div 103$) molto simili all'attinio, gli *actinoidi*, elencati a parte nella tavola periodica

90	torio	Th	(Rn) $5f^0 6d^2 7s^2$
91	protoattinio	Pa	(Rn) $5f^2 6d^1 7s^2$
92	uranio	U	(Rn) $5f^3 6d^1 7s^2$
93	nettunio	Np	(Rn) $5f^4 6d^1 7s^2$
94	plutonio	Pu	(Rn) $5f^6 6d^0 7s^2$
95	americio	Am	(Rn) $5f^7 6d^0 7s^2$
96	curio	Cm	(Rn) $5f^7 6d^1 7s^2$
97	berkelio	Bk	(Rn) $5f^9 6d^0 7s^2$
98	californio	Cf	(Rn) $5f^{10} 6d^0 7s^2$
99	einsteinio	Es	(Rn) $5f^{11} 6d^0 7s^2$
100	fermio	Fm	(Rn) $5f^{12} 6d^0 7s^2$
101	mendelevio	Md	(Rn) $5f^{13} 6d^0 7s^2$
102	nobelio	No	(Rn) $5f^{14} 6d^0 7s^2$
103	laurenzio	Lw	(Rn) $5f^{14} 6d^1 7s^2$

L'uranio è l'elemento più pesante esistente in natura; tutti quelli aventi $Z > 92$ sono stati prodotti artificialmente e vengono detti elementi *transuranici*. Gli elementi aventi $Z < 92$ (elementi *cisuranici*) ad eccezione del n. 43 (tecnezio), del n. 85 (astato) e del n. 61 (promezio) si trovano in natura.

Terminata la seconda transizione interna, gli elettroni riprendono ad occupare gli orbitali 5d. Gli elementi con numero atomico superiore a 103 vengono detti *transattinoidi*, non esistono in natura, sono molto instabili e sono stati prodotti artificialmente in quantità piccolissime. Ad alcuni sono stati assegnati due nomi; così ad esempio, l'elemento 104 è stato «battezzato» *kurciatovio* in URSS e *rutherfordio* negli USA. Per evitare controversie la IUPAC ha proposto una denominazione basata sulle cifre che compongono il numero atomico, con il suffisso *-io*; come simboli si usano gli acronimi.

Tab. 10/2. Radici dei nomi degli elementi ultrapesanti.

1		3	4	5	6	7	8	9	0
un	bi	tri	quadr	pent	es	sett	ott	enn	nil
u	b	T	q	p	h	s	o	e	n

Tab. 10/3. Denominazione dei transattinoidi.

Z	nome IUPAC	simb.	nome tradizionale
104	un nil quadrio	Unq	kurchiatovio, rutherfordio
105	un nil pentio	Unp	nielsbohrio, hanio, dubnio
106	un nil esio	Unh	seaborghio ⁽⁵⁾
107	un nil settio	Uns	bohrio
108	un nil ottio	Uno	assio
109	un nil ennio	Une	meitnerio
110	un un nilio	Uun	darmstadtio
111	un un unio	Uuu	
112	un un bio	Uub	
113	...		
114	un un quadrio	Uuq	
115	...		
116	un un esio	Uuh	
117	...		
118	un un ottio	Uuo	

Nel 1964 un gruppo di ricercatori di Dubna (URSS) bombardando il plutonio con ioni accelerati di neo, ottenne l'isotopo 260 dell'elemento 104 e lo chiamò **kurciatovio**, in onore di Igor Vasilievic Kurchatov (1903-1960), il «padre» della prima bomba nucleare sovietica. Tre anni dopo l'equipe di Albert Ghiorso, del Lawrence Berkeley Laboratory (California), ottenne l'isotopo 257 dello stesso elemento, bombardando il californio con nuclei di carbonio 12. Lo chiamarono **rutherfordio**, in onore di Ernest R. Rutherford of Nelson, fisico neozelandese (1871-1937). Nel 1967 Flerow e Coll. (Dubna) comunicarono di aver prodotto un isotopo dell'elemento 105: proposero di chiamarlo **dubnio** o **nielsbohrio** in onore di Niels H. Bohr, fisico danese (1885-1962). Tre anni dopo gli americani produssero lo stesso elemento e lo denominarono **hanio**, in onore di Otto Hahn, fisico tedesco (1879-1968). Seguirono l'elemento 106, o **seaborghio** (1974, in onore del fisico statunitense Glenn Theodore Seaborg (1912-1999) e l'elemento 107, detto anche (ma ciò crea confusione, **bohrio** (sempre da Niels Bohr). Nel

1982 scese in campo l'equipe di Peter Armbruster dell'università di Darmstadt, a cui si devono gli elementi **108**, o **assio** (da Assia); **109** o **meitnerio** (in onore di Lise Meitner, fisica tedesca, 1878-1968); **110**, o **darmstadtio**; **111** e **112**. L'elemento **114** è stato prodotto a Dubna e, nel 1999, a Berkeley, furono prodotti gli elementi **116** e **118**.

Tab.10/4. Configurazioni elettroniche degli elementi: tabella riassuntiva.
(La configurazione elettronica degli elementi sottolineati presenta anomalie).

	<i>1s</i>	<i>2s</i>	<i>2p</i>	<i>3s</i>	<i>3p</i>	<i>3d</i>	<i>4s</i>	<i>4p</i>	<i>4d</i>	<i>4f</i>	<i>5s</i>	<i>5p</i>	<i>5d</i>	<i>5f</i>	<i>6s</i>	<i>6p</i>	<i>6d</i>	<i>7s</i>
H	1																	
He	2																	
Li	2	1																
Be	2	2																
B	2	2	1															
C	2	2	2															
N	2	2	3															
O	2	2	4															
F	2	2	5															
Ne	2	2	6															
Na	2	2	6	1														
Mg	2	2	6	2														
Al	2	2	6	2	1													
Si	2	2	6	2	2													
P	2	2	6	2	3													
S	2	2	6	2	4													
Cl	2	2	6	2	5													
Ar	2	2	6	2	6													
K	2	2	6	2	6		1											
Ca	2	2	6	2	6		2											
Inizio della prima transizione.																		
Sc	2	2	6	2	6	1	2											
Ti	2	2	6	2	6	2	2											
V	2	2	6	2	6	3	2											
<u>Cr</u>	2	2	6	2	6	5	1											
<u>Mn</u>	2	2	6	2	6	5	2											
Fe	2	2	6	2	6	6	2											
Co	2	2	6	2	6	7	2											
Ni	2	2	6	2	6	8	2											
<u>Cu</u>	2	2	6	2	6	10	1											
Zn	2	2	6	2	6	10	2											
Fine della prima transizione.																		
Ga	2	2	6	2	6	10	2	1										
Ge	2	2	6	2	6	10	2	2										
As	2	2	6	2	6	10	2	3										
Se	2	2	6	2	6	10	2	4										
Br	2	2	6	2	6	10	2	5										

Kr	2	2	6	2	6	10	2	6											
Rb	2	2	6	2	6	10	2	6			1								
Sr	2	2	6	2	6	10	2	6			2								

Inizio della seconda transizione.

Y	2	2	6	2	6	10	2	6	1		2								
Zr	2	2	6	2	6	10	2	6	2		2								
Nb	2	2	6	2	6	10	2	6	4		1								
Mo	2	2	6	2	6	10	2	6	5		1								
Tc	2	2	6	2	6	10	2	6	5		2								
Ru	2	2	6	2	6	10	2	6	7		1								
Rh	2	2	6	2	6	10	2	6	8		1								
Pd	2	2	6	2	6	10	2	6	10										
Ag	2	2	6	2	6	10	2	6	10		1								
Cd	2	2	6	2	6	10	2	6	10		2								

Fine della seconda transizione.

In	2	2	6	2	6	10	2	6	10		2	1							
Sn	2	2	6	2	6	10	2	6	10		2	2							
Sb	2	2	6	2	6	10	2	6	10		2	3							
Te	2	2	6	2	6	10	2	6	10		2	4							
I	2	2	6	2	6	10	2	6	10		2	5							
Xe	2	2	6	2	6	10	2	6	10		2	6							
Cs	2	2	6	2	6	10	2	6	10		2	6				1			
Ba	2	2	6	2	6	10	2	6	10		2	6				2			

Inizio della terza transizione.

La	2	2	6	2	6	10	2	6	10		2	6	1		2				
-----------	---	---	---	---	---	----	---	---	----	--	---	---	---	--	---	--	--	--	--

Inizio della prima transizione interna.

Ce	2	2	6	2	6	10	2	6	10	2	2	6			2				
Pr	2	2	6	2	6	10	2	6	10	3	2	6			2				
Nd	2	2	6	2	6	10	2	6	10	4	2	6			2				
Pm	2	2	6	2	6	10	2	6	10	5	2	6			2				
Sm	2	2	6	2	6	10	2	6	10	6	2	6			2				
Eu	2	2	6	2	6	10	2	6	10	7	2	6			2				
Gd	2	2	6	2	6	10	2	6	10	7	2	6	1		2				
Tb	2	2	6	2	6	10	2	6	10	9	2	6			2				
Dy	2	2	6	2	6	10	2	6	10	10	2	6			2				
Ho	2	2	6	2	6	10	2	6	10	11	2	6			2				
Er	2	2	6	2	6	10	2	6	10	12	2	6			2				
Tm	2	2	6	2	6	10	2	6	10	13	2	6			2				
Yb	2	2	6	2	6	10	2	6	10	14	2	6			2				
Lu	2	2	6	2	6	10	2	6	10	14	2	6	1		2				

Riprende la terza transizione.

Hf	2	2	6	2	6	10	2	6	10	14	2	6	2		2				
Ta	2	2	6	2	6	10	2	6	10	14	2	6	3		2				
W	2	2	6	2	6	10	2	6	10	14	2	6	4		2				
Re	2	2	6	2	6	10	2	6	10	14	2	6	5		2				
Os	2	2	6	2	6	10	2	6	10	14	2	6	6		2				

Ir	2	2	6	2	6	10	2	6	10	14	2	6	7		2			
Pt	2	2	6	2	6	10	2	6	10	14	2	6	9		1			
Au	2	2	6	2	6	10	2	6	10	14	2	6	10		1			
Hg	2	2	6	2	6	10	2	6	10	14	2	6	10		2			

Fine della terza transizione.

Tl	2	2	6	2	6	10	2	6	10	14	2	6	10		2	1		
Pb	2	2	6	2	6	10	2	6	10	14	2	6	10		2	2		
Bi	2	2	6	2	6	10	2	6	10	14	2	6	10		2	3		
Po	2	2	6	2	6	10	2	6	10	14	2	6	10		2	4		
At	2	2	6	2	6	10	2	6	10	14	2	6	10		2	5		
Rn	2	2	6	2	6	10	2	6	10	14	2	6	10		2	6		
Fr	2	2	6	2	6	10	2	6	10	14	2	6	10		2	6		1
Ra	2	2	6	2	6	10	2	6	10	14	2	6	10		2	6		2
Ac	2	2	6	2	6	10	2	6	10	14	2	6	10		2	6	1	2

Inizio della seconda transizione interna.

Th	2	2	6	2	6	10	2	6	10	14	2	6	10		2	6	2	2
Pa	2	2	6	2	6	10	2	6	10	14	2	6	10	2	2	6	1	2
U	2	2	6	2	6	10	2	6	10	14	2	6	10	3	2	6	1	2
Np	2	2	6	2	6	10	2	6	10	14	2	6	10	4	2	6	1	2
Pu	2	2	6	2	6	10	2	6	10	14	2	6	10	6	2	6		2
Am	2	2	6	2	6	10	2	6	10	14	2	6	10	7	2	6		2
Cm	2	2	6	2	6	10	2	6	10	14	2	6	10	7	2	6	1	2
Bk	2	2	6	2	6	10	2	6	10	14	2	6	10	9	2	6		2
Cf	2	2	6	2	6	10	2	6	10	14	2	6	10	10	2	6		2
Es	2	2	6	2	6	10	2	6	10	14	2	6	10	11	2	6		2
Fm	2	2	6	2	6	10	2	6	10	14	2	6	10	12	2	6		2
Md	2	2	6	2	6	10	2	6	10	14	2	6	10	13	2	6		2
No	2	2	6	2	6	10	2	6	10	14	2	6	10	14	2	6		2
Lw	2	2	6	2	6	10	2	6	10	14	2	6	10	14	2	6	1	2

Esaminiamo ora qualche proprietà degli elementi legata alla loro posizione nella tavola periodica.

Con l'aumentare del numero atomico aumentano la massa di un atomo e le sue dimensioni. Queste dipendono però anche dalla natura del legame in cui l'atomo è impegnato e dalla disposizione spaziale degli atomi circostanti. Nella tavola periodica:

* In ogni gruppo, dall'alto verso il basso, le dimensioni degli atomi aumentano perchè aumenta il numero quantico principale n . Aumenta quindi la distanza dagli elettroni dal nucleo e l'energia di ionizzazione diminuisce.

* In ogni periodo, da sinistra verso destra le dimensioni degli atomi (gas nobili esclusi) diminuiscono perchè, aumentando progressivamente il numero dei protoni, aumenta l'attrazione coulombiana verso gli elettroni che in tal modo tendono ad avvicinarsi al nucleo. Di conseguenza, l'energia di ionizzazione aumenta.

10.2. Gruppi

D. Come abbiamo visto, la tavola periodica è costituita da diciotto colonne (*gruppi*), in cui si trovano elementi aventi proprietà fisiche e chimiche simili (*congeneri*). Generalmente, le proprietà del primo e del secondo elemento di ogni gruppo si discostano da quelle dei successivi, aventi raggi atomici molto superiori ed energie di ionizzazione inferiori.

Nella tavola periodica, da destra a sinistra e dall'alto verso il basso (gas nobili esclusi):

- * l'energia di prima ionizzazione *diminuisce*;
- * l'elettronegatività *diminuisce*;
- * il carattere metallico *aumenta*;
- * il volume atomico *aumenta*.

* **Idrogeno.** E' collocato nel primo gruppo ma, per la sua particolare conformazione elettronica ($1s^1$) possiede proprietà molto diverse da quelle degli altri elementi del gruppo, i metalli alcalini. La sua elettronegatività (2,2), per esempio, è molto più alta di quella dei metalli alcalini (< 1); secondo l'elettronegatività, l'idrogeno dovrebbe essere collocato in una casella sovrastante boro e carbonio.

■ L' **idrogeno** è abbondante in natura combinato nell'acqua e nelle sostanze organiche. La prima testimonianza sull'idrogeno risale probabilmente allo svizzero Paracelso (Philippe Theophrast von Hoenheim, 1493-1541) che studiò un' «aria infiammabile», ottenuta per azione degli acidi sul ferro. Altri studiosi del XVII secolo, compreso il chimico irlandese Robert Boyle (1627-1691) fecero indagini sul gas, ma l'idrogeno puro fu ottenuto soltanto nel 1724 dallo scienziato inglese Henry Cavendish (1731-1810) il quale lo distinse dagli altri gas infiammabili. Cavendish dimostrò che l'idrogeno brucia nell'ossigeno formando acqua e la decomposizione dell'acqua in idrogeno e ossigeno fu realizzata pochi anni dopo. Il nome idrogeno (dal gr. *hydro*, acqua e *ghenes*, generatore) è dovuto allo scienziato francese Antoine-Laurent Lavoisier (1743-1794) che ottenne il gas inviando vapor d'acqua sul ferro rovente. L'idrogeno è un gas molto leggero (≈ 14 volte meno dell'aria), insolubile in acqua; è combustibile, bruciando con formazione di vapor d'acqua; le miscele di idrogeno e ossigeno contenenti dall' 8 % al 84 % di H_2 sono esplosive. L'idrogeno si commercia in bombole di acciaio alla pressione di 150-200 atm. Si ottiene industrialmente dal metano e costituisce un sottoprodotto dell'industria del sodio idrossido. E'

usato per la sintesi dell'ammoniaca, del metanolo, nell'industria dei grassi, petrolifera ed è prevista una sua utilizzazione come carburante non inquinante per autoveicoli.

* **Gruppo 1** (*metalli alcalini*). Comprende *litio, sodio, potassio, rubidio, cesio e francio*. Gli atomi dei metalli alcalini sono caratterizzati da un orbitale periferico *s* semivuoto. La struttura più interna è quella del gas nobile che li precede nella tavola periodica. I metalli alcalini sono molli, leggeri, facilmente fusibili. Reagiscono facilmente con molte sostanze. Con l'acqua reagiscono violentemente formando i rispettivi idrossidi e sviluppando idrogeno; la reazione è tanto esotermica da condurre all'accensione del metallo e dell'idrogeno. Esposti all'aria umida, si ricoprono di una miscela di ossidi e idrossidi, che nasconde la lucentezza metallica. Per le basse energie di prima ionizzazione tendono a donare il loro elettrone *s* periferico ad elementi elettronegativi, con cui reagiscono violentemente, diventando ioni Li^+ , K^+ , Na^+ , ... aventi la configurazione elettronica periferica del gas nobile che li precede nella tavola periodica e quindi più stabili del metallo da cui derivano. Per questi motivi i metalli alcalini debbono essere conservati *fuori dal contatto dell'aria e dell'acqua*, immersi in cherosene.

Nelle successive tabelle sono riportate, per ogni elemento, alcune costanti fisiche degli elementi: *numero atomico (Z)*; *massa atomica relativa (m.a.r.)*; *densità (d)*; *temperatura di fusione normale (t° fus.)*; *temperatura di ebollizione normale (t° eb.)*; *elettronegatività Pauling (en)*; *configurazione elettronica periferica*; *energia di prima ionizzazione (H° i)*; *raggio atomico, o raggio metallico (r.a.)*; *raggio covalente (r.c.)*; *numero di ossidazione (n.o.)*; per i radioisotopi è riportato il *semiperiodo di trasformazione (t½)*.

Tab. 10/4 (1). Gruppo 1 (idrogeno e metalli alcalini) (*)

elemento	Z	m.a.r.	d (kg/dm ³)	t° fus. (°C)	t° eb. (°C)	en	conf. per.
idrogeno	H	1	1,008	0,07(*)	- 259	- 253	2,1 1s ¹
litio	Li	3	6,94	0,53	180	1330	1,0 ...2s ¹
sodio	Na	11	22,99	0,97	98	892	0,9 ...3s ¹
potassio	K	19	39,10	0,86	64	760	0,8 ...4s ¹
rubidio	Rb	37	85,47	1,53	39	688	0,8 ...5s ¹
cesio	Cs	55	132,91	1,87	29	690	0,7 ...6s ¹
francio	Fr	87	(223)		(27)	(680)	0,7 ...7s ¹

(*) In g/dm³.

Tab. 10/4 (2). Gruppo 1 (idrogeno e metalli alcalini).

elemento		$H^{\circ}i$ (kJ/mol)	<i>r.a.</i> (pm)	<i>r.c.</i> (pm)	<i>n.o.</i>
idrogeno	H	1318		37	-1 +1
litio	Li	526	152		+1
sodio	Na	502	186		+1
potassio	K	425	227		+1
rubidio	Rb	409	248		+1
cesio	Cs	382	265		+1
francio	Fr				+1

■ Il **litio** è abbastanza diffuso, in piccole quantità, come silicato, nei minerali *lepidolite* e *spodumene*. Nel 1818, il chimico inglese sir Humphry Davy (1778-1829) ottenne il litio per elettrolisi del litio cloruro. Il nome (dal gr. gr. *lithos*, pietra) è dovuto al fatto che il metallo fu identificato per la prima volta in un minerale. Il litio è bianco argenteo, facilmente fusibile ed è il più leggero dei metalli. Si ottiene per elettrolisi del litio cloruro fuso e si usa per produrre leghe con magnesio e alluminio.

Il **sodio** e il **potassio** abbondano in natura ma sempre come composti; il sodio cloruro costituisce il *salgemma* e il *salmarino* ed il potassio si trova in vari minerali (*silvite*, *carnallite*, *kainite*, ecc.). Il sodio cloruro è conosciuto da tempo immemorabile ed il suo uso per condire e conservare i cibi è all'origine di una delle più antiche forme di commercio internazionale. I carbonati di sodio e potassio, *al-kali* in arabo (da cui il termine *alcalinità* usato tuttora), sono conosciuti fin dall'antichità; soltanto nel 1736 il francese Jean Baptiste Duhamel de Monceau distinse la potassa dalla soda, chiamandole rispettivamente alcali vegetali (ing. *potash*) e alcali minerali (ingl. *soda ash*, termine ancora usato nei Paesi anglosassoni).

Soltanto nel 1807, tuttavia, sir Humphry Davy produsse per la prima volta il potassio, mediante elettrolisi dell'idrossido fuso e, poco dopo, il sodio, per la stessa via. Il simbolo Na deriva dal lago egiziano Natron e il nome sodio dal latino medievale *sodanum*, rimedio contro l'emicrania. Il simbolo K deriva dall'arabo *kali*, che significa cenere (la potassa è presente nelle ceneri dei vegetali) e il nome potassio da *potash*.

Sodio e potassio sono molli, bassofondenti, posseggono alta conduttività elettrica ed sono molto reattivi. Sono energici riducenti e come tali trovano impiego in chimica organica. Si ottengono per elettrolisi di loro cloruri e idrossidi fusi.

Il **rubidio** e il **cesio** sono diffusi in natura ma in piccole quantità; i loro cloruri accompagnano il potassio in alcuni suoi minerali. Nel 1860 gli scienziati tedeschi Gustav Robert Kirchhoff (1824-1887) e Robert Wilhelm von Bunsen (1811-1899), tedeschi, mentre analizzavano l'acqua minerale delle sorgenti di Durkeim, scoprirono nuove linee brillanti nella regione blu dello spettro: erano dovute ad un nuovo metallo alcalino che chiamarono cesio, dal lat. *caesius*, celeste. L'anno seguente i due scienziati scoprirono nuove linee nella regione rosso-viola, eseguendo l'analisi spettrale di un campione di lepidolite: corrispondevano ad un altro metallo alcalino che fu chiamato rubidio, dal lat. *rubidus*, rosso. I due metalli sono usati in elettronica.

L'isotopo 223 del **francio**, l'ultimo metallo alcalino, radioattivo, fu identificato da Margueritte Perey, dell'Istituto Pasteur di Parigi (da cui il nome) soltanto nel 1919. E' presente in tracce come prodotto di decadimento dell'attinio 227 e il suo tempo di dimezzamento è di 21,8 min.

* **Gruppo 2 (metalli alcalino-terrosi)**. Comprende *berillio*, *magnesio*, *calcio*, *stronzio*, *bario* e *radio*. Gli atomi dei metalli alcalino-terrosi sono caratterizzati da un orbitale *s* periferico completo. Le loro energie di prima ionizzazione sono superiori a quelli dei metalli alcalini ma anche calcio, stronzio, bario e radio tendono a cedere i due elettroni

periferici ad elementi elettronegativi diventando ioni Ca^{2+} , Sr^{2+} , Ba^{2+} , aventi la configurazione elettronica periferica del gas nobile che li precede nella tavola periodica e quindi più stabili del metallo da cui derivano. Il berillio, per l'energia di ionizzazione più alta e le piccole dimensioni, tende a formare legami covalenti; il magnesio forma tanto legami covalenti quanto legami ionici (vedremo più avanti che cosa sono questi legami).

Tab. 10/5 (1). Gruppo 2 (metalli alcalino-terrosi).

elemento	Z	m.a.r.	d (kg/dm ³)	t° fus. (°C)	t° eb. (°C)	en	conf. per.
berillio	Be	4	9,01	1,85	1280	2480	1,5 ...2s ²
magnesio	Mg	12	24,31	1,74	650	1110	1,2 ...3s ²
calcio	Ca	20	40,08	1,55	838	1490	1,0 ...4s ²
stronzio	Sr	38	87,62	2,6	770	1380	1,0 ...5s ²
bario	Ba	56	137,34	3,50	714	1640	0,9 ...6s ²
radio	Ra	88	226,03	5	700	1530	0,9 ...7s ²

Tab. 10/5 (2). Gruppo 2. (metalli alcalino-terrosi).

elemento		H° i (kJ/mol)	r.a. (pm)	r.c. (pm)	n.o.
berillio	Be	906	112		+2
magnesio	Mg	744	160		+2
calcio	Ca	596	197		+2
stronzio	Sr	556	215		+2
bario	Ba	509	217		+2
radio	Ra	516			+2

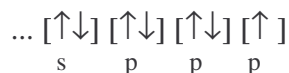
■ Il **berillio** è un metallo bianco, leggero, fragile, tossico. Si trova in natura come silicoalluminato nel *berillo*. Sebbene composti del berillio (berillo, acquamarina, smeraldo) siano noti da secoli, soltanto nel 1798 il chimico francese Jaques Nicolas Vauquelin isolò dal berillio un nuovo ossido, simile all'allumina ma che non formava allumi. Ciò spinse Vauquelin ad ipotizzare l'esistenza di un nuovo elemento che chiamò *glucinio*, per il sapore dolce dei suoi sali. Il nome berillio (dal gr. *béryllos*) fu introdotto dal chimico tedesco Friedrich Wöhler che nel 1828 lo ottenne mediante riduzione del cloruro con calcio. Il berillio e si usa nell'industria nucleare e delle leghe ultraleggere. Si ottiene per elettrolisi del suo fluoruro. Il **magnesio** è un metallo bianco, lucente; è poco duttile e malleabile e all'aria umida si ricopre di uno strato bianco di idrossido. E' abbondante in natura come cloruro nella *carnallite*, come carbonato nella *magnesite* e nella *dolomite* e come silicato nel *talco*. Tre diverse sostanze furono descritte nell'antichità come *magnesia*, nome collegato tanto a *magnes*, magnete, quanto ad una città della Tessaglia; *lapis magnes* si riferiva alla magnetite e alla pirolusite mentre il termine *magnesia* era probabilmente usato per indicare il talco, un silicato di magnesio. Il magnesio fu ottenuto nel 1829 da Bussy per riduzione del cloruro con potassio. Brucia con fiamma bianca vivissima e si usa per produrre leghe ultraleggere e in chimica organica. Si prepara per elettrolisi della carnallite fusa.

Calcio, stronzio e bario sono metalli bianchi, molto reattivi e si usano in metallurgia come disossidanti; il calcio è abbondante in natura come carbonato nel *calcare*, nel *marmo*, nella *dolomite*, come silicato

nelle *argille*, come solfato nel *gesso*. Lo stronzio si trova in natura come carbonato nella *stronzianite* e come solfato nella *celestite*. Il bario è simile al calcio e si trova in natura come carbonato nella *whiterite* e come solfato nella *barite*. Il minerale ora conosciuto come barite fu scoperto, nel XVII secolo, dall'alchimista dilettante bolognese Vincenzo Casciarolo. Un minerale, trovato in una miniera di piombo di Strontian, in Scozia, nel 1787, ritenuto dapprima carbonato di bario, non lo era, come dimostrò A. Crawford nel 1790. Sir Humphry Davy, nel 1808, fu in grado di ottenere, mediante elettrolisi dei cloruri fusi, i metalli alcalino-terrosi. Calcio deriva dal lat. *calx*, calce; stronzio da Strontian, località scozzese, bario dal gr. *barys*, pesante.

In piccolissima quantità, il **radio** accompagna l'uranio nella *pechblenda*. Nel 1896 il fisico francese Antoine Henry Becquerel osservò che una lastra fotografica protetta dalla luce e posta vicino ad un composto dell'uranio, rimaneva impressionata. Si dimostrò poi che il fatto era causato dalla emissione di radiazioni da parte dell'uranio. Continuando il lavoro di Becquerel, la scienziata francese Maria Sklodowska (1867-1934) scoprì che, tra gli elementi di cui disponeva, soltanto torio e uranio emettevano radiazioni. Notò anche che il minerale pechblenda mostrava maggiore attività di quanta attribuibile al suo contenuto in uranio. Procuratasi parecchie tonnellate di residui di minerali di uranio provenienti dalle miniere di Joachimsthal, in Boemia, insieme al marito, lo scienziato francese Pierre Curie (1859-1906) e M.G. Bémont, eseguì lunghe e faticose precipitazioni frazionate che portò gli scienziati alla scoperta di un nuovo elemento che chiamarono **polonio**, per ricordare l'origine polacca di Maria Curie. Più tardi trovarono che una forte radioattività accompagnava il bario nelle precipitazioni e furono in grado di ottenere, come prodotto finale della cristallizzazione del bario cloruro, il cloruro di un nuovo elemento che chiamarono **radio**, dal lat. *radium*, raggio. Il radio fu isolato nel 1910, da Maria Curie e dal francese André Louis Debierne, per elettrolisi del suo cloruro. Il tempo di dimezzamento dell'isotopo 226 e di 162 y. Usato un tempo in terapia, il radio è ora sostituito con radioisotopi artificiali.

* **Gruppo 17 (alogeni)**. Comprende i non metalli *fluoro, cloro, bromo, iodio e astato*. Gli atomi degli alogeni contengono 7 elettroni periferici: un orbitale *s* e due orbitali *p* sono completi mentre un orbitale *p* è semivuoto



Possedendo alte energie di ionizzazione non tendono a cedere elettroni ma, al contrario, tendono ad acquistare un elettrone da un elemento poco elettronegativo diventando anioni F^- , Cl^- , ... , aventi configurazione simile a quella del gas nobile che li segue nella tavola periodica e quindi più stabili dei non metalli da cui derivano. Formano anche legami covalenti in cui possono avere più numeri di ossidazione.

Tab. 10/6 (1). Gruppo 17 (alogeni).

elemento	Z	m.a.r.	d (kg/dm ³)	t° fus. (°C)	t° eb. (°C)	en	conf. per.	
fluoro	F	9	19,0	1,51(*)	- 220	- 188	4,0	...2s ² 2p ⁵
cloro	Cl	17	35,45	1,56(*)	- 101	- 35	3,0	...3s ² 3p ⁵

bromo	Br	35	79,9	3,12	- 7	58	2,8	...4s ² 4p ⁵
iodio	I	53	126,9	4,94	114	183	2,5	...5s ² 5p ⁵
astato	At	85	(210)		302	335	2,2	...6s ² 6p ⁵

(*) In g/dm³.

Tab. 10/6 (2). Gruppo 17 (alogeni).

elemento		$H^{\circ} i$ (kJ/mol)	$r.a.$ (pm)	$r.c.$ (pm)	$n.o$					
fluoro	F	1687		71	-1					
cloro	Cl	1257		99	-1	+1	+3	+4	+5	+7
bromo	Br	1146		114	-1	+1	+3	+4	+5	
iodio	I	1015		133	-1	+1		+4	+5	+7
astato	At				-1	+1	+3		+5	+7

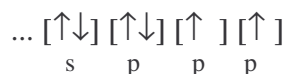
■ Il **fluoro** è un gas giallognolo di odore soffocante, tossico, estremamente reattivo. Reagisce violentemente con l'acqua che viene letteralmente bruciata ($F_2 + H_2O \rightarrow 2HF + 0,5O_2$). Si trova in natura come calcio fluoruro nella *fluorite* e come fluoroalluminato nella *criolite*. L'acido fluoridrico fu preparato dal chimico svedese Karl Wilhelm Scheele nel 1871 ma per oltre un secolo tutti i tentativi per ottenere il fluoro fallirono, per l'estrema reattività dell'alogeno, isolato soltanto nel 1886, da Henry Ferdinand Moissan, chimico francese, mediante elettrolisi dell'acido fluoridrico anidro, reso conduttore per aggiunta di potassio idrogenofluoruro. Il nome fluoro deriva dal latino *fluere*, scorrere, perchè un suo minerale, la fluorite, è usato da secoli come fondente in metallurgia. Il fluoro si usa in chimica organica e si ottiene per elettrolisi del potassio fluoruro in acido fluoridrico anidro.

Il **cloro** è un gas giallo-verdastro di odore soffocante, pesante, tossico, poco solubile in acqua, molto reattivo. Si trova in natura come cloruro in molti minerali. Nel 1774 Karl Wilhelm Scheele produsse il cloro per riscaldamento dell'acido cloridrico con diossido di manganese; ritenuto un composto (*acido ossimuriatico*) soltanto nel 1810 sir Humphry Davy comprese la sua natura elementare proponendo il nome *cloro*, dal gr. *chlorós*, verde. Il cloro si commercia allo stato liquido, compresso in bombole, costituisce un sottoprodotto dell'industria del sodio idrossido e si usa per produrre l'acido cloridrico e in chimica organica.

Il **bromo** è un liquido rosso di odore soffocante, bassobollente, tossico, corrosivo, poco solubile in acqua. In natura, come bromuro, accompagna il potassio cloruro in alcuni minerali (es. *sali di Stassfurt*) e si trova in piccola quantità nelle acque marine e nelle acque salsobromiodiche di Salsomaggiore. Il bromo fu scoperto nel 1826 dal chimico francese Antoine Jerome Balard nel corso di studi sulle acque madri della cristallizzazione dei sali delle acque di Montpellier. La sostanza fu dapprima chiamata *muride* ma il nome bromo, dal gr. *brômos*, fetore, fu poi preferito. Il bromo si usa in chimica organica e si ricava, in Italia, dalle acque madri di alcune saline.

Lo **iodio** si presenta in scagliette brune di odore caratteristico che, riscaldate, non fondono ma sublimano producendo vapori violetti. Si trova come ioduro e iodato nell'acqua marina e in alcune alghe. È poco solubile in acqua ma, per il carattere apolare della sua molecola, è solubile in molti solventi organici non polari o poco polari. In Italia si ricava dalle acque di Salsomaggiore. Lo iodio fu scoperto dal chimico francese Bernard Curtois nel 1812: trattando con acido solforico un estratto acquoso delle ceneri di alghe marine; il precipitato nero liberava, per riscaldamento, un nuovo elemento allo stato di vapore violetto. Il nome iodio, dal gr. *iodes*, viola, fu proposto nel 1813 da Gay-Lussac. Lo iodio si usa in chimica organica. Dell'ultimo alogeno, l'elemento n. 85, non esiste nessun isotopo stabile. L'isotopo 210 (tempo di dimezzamento 8,3 h) è stato ottenuto nel 1940 negli USA da Dale Raymond Corson, Emilio Gino Segrè e Kenneth Ross Mackenzie in un ciclotrone, bombardando il bismuto 209 con particelle alfa. Fu chiamato **astato**, dal gr. *ástatos*, instabile. Tracce di astato sono state riscontrate in seguito nei prodotti del decadimento dell'uranio e del torio.

* **Gruppo 16 (calcogeni)**. Comprende gli elementi *ossigeno, zolfo, selenio, tellurio, polonio* ed un elemento artificiale, l'*ununnesio* ($Z = 116$). Gli atomi dei calcogeni contengono 6 elettroni periferici: un orbitale *s* e un orbitale *p* sono completi mentre due orbitali *p* sono semivuoti



Le loro energie di ionizzazione sono elevate (anche se minori di quelle degli alogeni) e tendono ad acquistare due elettroni, per raggiungere la configurazione del gas nobile che li segue nella tavola periodica, diventando ioni O^{2-} , S^{2-} , Se^{2-} , ... Formano anche legami covalenti ove hanno numeri di ossidazione + 4 e +6.

Il carattere metallico aumenta con l'aumentare del numero atomico: ossigeno e zolfo sono non metalli, selenio e tellurio semimetalli; il polonio è un metallo.

Tab. 10/7 (1). Gruppo 16 (calcogeni).

elemento	Z	m.a.r.	d (kg/dm ³)	t° fus. (°C)	t° eb. (°C)	en	conf. per.
ossigeno	O	8	16,0	1,15(*)	- 219	- 183	3,5 ...2s ² 2p ⁴
zolfo	S	16	32,06	2,07	113	445	2,5 ...3s ² 3p ⁴
selenio	Se	34	78,96	4,80	217	685	2,4 ...4s ² 4p ⁴
tellurio	Te	52	127,6	6,24	450	1390	2,1 ...5s ² 5p ⁴
polonio	Po	84	(209)	9,4	254	962	2,0 ...6s ² 6p ⁴

(*) In g/dm³

Tab. 10/7 (2). Gruppo 16 (calcogeni).

elemento		H° i (kJ/mol)	r.a. (pm)	r.c. (pm)	n.o.
ossigeno	O	320		74(H ₂ O ₂)	-2 +2
zolfo	S	1006		102 (H ₂ S ₂)	-2 +1 +2 +3 +4 +6
selenio	Se	947		116(Se ₈)	-2 +4 +6
tellurio	Te	876	143		-2 +4 +6
polonio	Po	818	167		+2 +4

■ L' **ossigeno** si trova libero nell'aria e combinato nell'acqua e in moltissimi minerali. E' un gas poco solubile in acqua. Nella metà del secolo XVII fu constatato che l'aria contiene un componente associato alla respirazione ed alla combustione. Nella prima teoria sulla combustione questo componente fu chiamato *flogisto*. Quando qualcosa bruciava, si credeva liberasse flogisto. Il chimico inglese Joseph Priestley (1733-1804) e lo scienziato svedese Karl Wilhelm Scheele (1742-1786), ai quali si attribuisce la

scoperta dell'ossigeno, credevano nella teoria del flogisto. Entrambi trovarono che il gas prodotto per riscaldamento di nitrati e ossidi metallici mantiene la combustione meglio dell'aria. Lavoisier ripeté ed estese le esperienze dei due ricercatori e i risultati confermarono l'inattendibilità della teoria del flogisto. Lavoisier bruciò dello stagno in un recipiente chiuso e mostrò che, dopo la combustione, la massa del recipiente rimaneva immutata finché non veniva rotto il sigillo. Concluse che, quando un metallo brucia, si combina con qualcosa presente nell'aria e quel qualcosa era il gas scoperto da Priestley e Scheele. Lavoisier lo chiamò «principe oxygine» (da cui il nome ossigeno) ritenendo fosse il principio di acidità; *oxýs*, in greco, significa aguzzo e, in quel tempo, si credeva che le proprietà corrosive degli acidi fossero dovute alla forma appuntita delle loro molecole. Fu invece l'acutezza di mente di Lavoisier a portare al crollo della teoria del flogisto e allo sviluppo della chimica moderna. L'ossigeno si ricava dall'aria liquida e si commercia sotto pressione in bombole di acciaio, contraddistinte da una fascia bianca. Trova applicazione come comburente nella saldatura dei metalli e per la condotta di forni e gasogeni.

L' **aria** è una miscela gas, in cui predomina l'azoto. La composizione dell'aria è pressoché costante; il tenore di diossido di carbonio, che dovrebbe aumentare in seguito all'immissione, nell'atmosfera, dei prodotti della combustione e delle emanazioni vulcaniche, si mantiene entro limiti tollerabili (almeno finora...) in quanto le piante assorbono questo gas emettendo ossigeno durante la fotosintesi clorofilliana. La composizione media della troposfera, ($h = 6-18$ km), in % V/V, è la seguente: azoto, 78,09; ossigeno, 20,95; argo, 0,93; diossido di carbonio, 0,03; neo, $1,8 \cdot 10^{-3}$; elio, $5,2 \cdot 10^{-4}$; metano, $2,2 \cdot 10^{-4}$; kripto, ossido di azoto, $1 \cdot 10^{-4}$; xeno, $8 \cdot 10^{-5}$; idrogeno, $5 \cdot 10^{-5}$. Nell'aria è presente anche vapor d'acqua in quantità variabile entro ampi limiti. L' *umidità relativa* dell'aria, ad una certa temperatura, è il rapporto, espresso in percentuale, tra la quantità di vapor d'acqua presente nell'aria e la quantità di vapor d'acqua presente nell'aria satura di vapore alla stessa temperatura. L' *aria condizionata* per le abitazioni e gli uffici dovrebbe avere una umidità relativa compresa tra il 45 % e il 55 %. L' *aria liquida* si ottiene per liquefazione dell'aria secca privata di diossido di carbonio; da essa, per distillazione frazionata, si ottengono azoto, ossigeno e argo.

Lo **zolfo** si trova in natura libero e come solfuro nei minerali *pirite*, *calcopirite*, *blenda*, *galena*, *stibite* e altri, come solfato nei minerali *gesso*, *barite*, *alunite* e altri e come acido solfidrico nelle *acque solfuree* (Abano, Tabiano, ecc.). Si presenta in varie forme allotropiche; la varietà più comune è lo *zolfo α* (rombico) che, a 95 °C, si trasforma in *zolfo β* (monoclinico). In entrambe gli atomi di zolfo si legano in molecole octatomiche S_8 . Lo zolfo è insolubile in acqua ma solubile nel carbonio solfuro. Lo zolfo era conosciuto dagli antichi. In testi Assiri è citato come «il prodotto della riva del fiume» ed è stato usato come farmaco (Omero cita «lo zolfo che previene la peste» e le «divine purificanti fumigazioni») e per scacciare i demoni. Per gli antichi Ebrei rappresentava l'ira di Dio. Il nome e il simbolo derivano dal latino *sulphur*. Lo zolfo si ricava dai giacimenti (*solfare* e *soffatare*) e per combustione dell'acido solfidrico, sottoprodotto dell'industria petrolifera. Si usa in agricoltura contro l'oidio e nell'industria della gomma. Negli USA è impiegato per produrre acido solforico.

Il **selenio** è un elemento raro e accompagna lo zolfo in alcuni minerali; esiste in due forme allotropiche, selenio grigio e selenio rosso, più leggero. I depositi di uno zolfo rosso, già noti nel XIV secolo, indicavano la presenza di un nuovo elemento, poi scoperto nel 1817 dagli svedesi Jöns Jacob Berzelius e Johann Gottlieb Gahn mentre analizzavano, come una possibile sorgente di tellurio, il fango che si formava nelle camere di piombo quando l'acido solforico era ottenuto partendo dalla pirite cuprifera. Poiché il nuovo elemento assomigliava al tellurio, fu chiamato selenio, dal gr. *Selene*, Luna. Il selenio grigio è usato in elettronica come materiale fotosensibile e costituisce un sottoprodotto della raffinazione del rame.

Il **tellurio** è raro e accompagna oro e argento. Fu isolato nel 1792 da P. Müller von Reichenstein, che lo chiamò «metallum problematicum», da un minerale d'oro della Transilvania, ritenuto in precedenza una lega di antimonio e bismuto, dimostrando che né l'uno né l'altro erano presenti. Il nome tellurio, derivato dal lat. *Tellus*, Terra, è dovuto al tedesco Heinrich Martin Klaproth (1743-1817). Il tellurio ha un aspetto

metallico e trova qualche applicazione in metallurgia, per esempio per aumentare la resistenza degli acciai.

R. Ho letto che esiste un altro ossigeno chiamato ozono: di che cosa si tratta?

D. Gli *allotropi* (termine derivante dal greco *állos*, altro e *tropos*, trasformazione), sono forme differenti con cui si presenta una sostanza, per il modo diverso in cui gli atomi legati tra loro. Ne derivano proprietà fisiche e chimiche diverse. L'ossigeno (molecola O_2) è inodoro; l'*ozono* è una sua forma allotropica (molecola O_3), di odore agliaceo, da cui il nome dal greco *ózein*, odorare). Le famose fasce di ozono si trovano tra 15 e 35 km di altitudine: lassù, le radiazioni ultraviolette del Sole provocano la rottura di molecole di ossigeno O_2 in due atomi O altamente reattivi, che poi ricostruiscono le molecole O_2 ma in parte si riuniscono in molecole triatomiche O_3 . Ad altezze maggiori l'ossigeno scarseggia; ad altezze minori le radiazioni UV non giungono ma possono formarsi piccole quantità di ozono per azione dei fulmini e della luce solare sul diossido di azoto, uno dei più comuni inquinanti atmosferici.

R. «Nelle pitture bianche la biacca, velenosa, è stata sostituita con il tiodue, atossico» - riferiva un cronista. Contenendo il prefisso *tio-* nel nome, il tiodue è un composto dello zolfo?

D. No. Il cronista avrà sentito pronunciare la formula del diossido di titanio (TiO_2), ritenendola il nome del pigmento.

Tab. 10/8. Esempi di allotropi (p.f., punto di fusione normale; p.e., punto di ebollizione normale; *d*, densità).

O_2	ossigeno	p.e. = - 183 °C, mediocre ossidante, inodore
O_3	ozono	p.e. = - 111 °C, forte ossidante, con odore
S	zolfo rombico	p.f. = 113 °C
	zolfo monoclinico	p.f. = 119 °C
P_4	fosforo bianco	p.f. = 44 °C, molle, spontaneamente infiammabile all'aria
P_n	fosforo rosso	p.f. = 590 °C, polverulento, combustibile ma non si accende spontaneamente all'aria
Sn	stagno grigio	cristalli cubici, $d = 5,8$ g/ml, fragile
	stagno bianco	cristalli tetragonali, $d = 7,3$ g/ml
SiO_2	quarzo	cristalli esagonali, $d = 2,6$ g/ml
	tridimite β	cristalli rombici, $d = 2,3$ g/ml

cristobalite β	cristalli tetragonali, $d = 2,3 \text{ g/ml}$
----------------------	---

* **Gruppo 15** (*gruppo dell'azoto*). Comprende gli elementi *azoto, fosforo, arsenico, antimonio e bismuto*. Gli atomi del gruppo contengono 5 elettroni periferici in un orbitale *s* completo e in tre orbitali *p* semivuoti



Il carattere non metallico diminuisce con l'aumentare del numero atomico: azoto e fosforo sono non metalli; arsenico e antimonio semimetalli; il bismuto è un metallo. Ad eccezione del bismuto (può cedere 3 elettroni diventano un catione Bi^{3+}) gli elementi del gruppo tendono a formare legami covalenti in cui hanno vari numeri di ossidazione, particolarmente + 3 e + 5.

Tab. 10/9 (1). Gruppo 15 (gruppo dell'azoto).

Elemento	Z	<i>m.a.r.</i>	<i>d</i> (kg/dm^3)	<i>t° fus.</i> (°C)	<i>t° eb.</i> (°C)	<i>en</i>	<i>conf. per.</i>
Azoto	N	7	14,01	0,81(*)	- 210	- 196	3,0 ...2s ² 2p ³
fosforo b.	P	15	30,97	1,82	44	280	2,1 ...3s ² 3p ³
Arsenico	As	33	74,92	5,72	817		2,0 ...4s ² 4p ³
antimonio	Sb	51	121,75	6,68	631	1380	1,9 ...5s ² 5p ³
Bismuto	Bi	83	208,98	9,8	271	1560	1,9 ...6s ² 6p ³

(*) In g/dm.

Tab. 10/9 (2). Gruppo 15 (gruppo dell'azoto).

elemento	<i>H° i</i> (kJ/mol)	<i>r.a.</i> (pm)	<i>r.c.</i> (pm)	<i>n.o.</i>
azoto	N	1407	73(N ₂ H ₄)	-3 -2 -1 +1 +2 +3 +4 +5
fosforo b.	P	1018	110(P ₄)	+3 +5
arsenico	As	953	125	+3 +5
antimonio	Sb	840	145	+3 +4 +5
bismuto	Bi	710	155	+3

■ L' **azoto** è il costituente preponderante dell'aria; è poco solubile in acqua e, alla temperatura ambiente, è chimicamente inerte. Fu scoperto soltanto nel 1772 dall' inglese Daniel Rutherford (che lo chiamò «aria deflogisticata»), eliminando l'ossigeno dall'aria mediante combustione del carbone, e il diossido di carbonio prodotto con una soluzione alcalina. Soltanto nel 1840 Lavoisier scoprì che l'aria deflogisticata di Rutherford era un nuovo elemento, e lo chiamò azoto, dal gr. *a- zoé*, «non vitale». Il simbolo N deriva dal lat. *nitrogenes*, generatore di salnitro. Ci si rese conto dell'importanza dei composti dell'azoto nel terreno dopo il 1826, e soltanto nel 1886 si dimostrò che l'azoto atmosferico è fissato da microrganismi presenti nei tubercoli radicali di certe piante. L'azoto si ottiene per distillazione dell'aria liquida e si usa

per sostituire l'aria in impianti dove l'ossigeno potrebbe dar luogo a combustioni o esplosioni ma soprattutto come materia prima per la produzione di ammoniaca e calciocianammide. L'azoto liquido si usa come fluido criogenico.

Il **fosforo** si trova in natura come calcio fosfato nei minerali *fosforite* e *apatite* e nelle ossa. Esiste in più forme allotropiche. Il *fosforo bianco* è un solido costituito da molecole tetraedriche P₄, molle, bassofondente, molto tossico; a contatto con aria *si infiamma spontaneamente* e si deve conservare sotto acqua. Ossa, guano, escrementi, residui di pesci e altri fertilizzanti fosfatici sono utilizzati fin dall'antichità ma soltanto nel 1669 H. Brand, un alchimista dilettante tedesco, scoprì per caso il fosforo (che chiamò «fuoco freddo») mentre eseguiva esperimenti sull'urina. La misteriosa sostanza, emanante una debole luminosità e spontaneamente infiammabile a contatto con l'aria, fu successivamente chiamata fosforo, dal gr. *phosphorós*, portatore di luce, da cui il simbolo Ph, poi diventato P. La presenza del fosforo nel regno vegetale fu rilevata per la prima volta da B. Albino nel 1688; un secolo più tardi, nel 1770, J.G. Gahn e C.V. Scheele trovarono che il fosforo è un componente essenziale delle ossa. La prima scoperta del fosforo in un minerale è dovuta allo svedese Johann Gottlieb Gahn (1779). Il fosforo si produce riscaldando una miscela di calcio fosfato, silice e carbone e trova qualche applicazione in metallurgia come disossidante. Riscaldato a 260° in atmosfera inerte, il fosforo bianco si trasforma in *fosforo rosso*, avente struttura polimerica (catene di atomi di P), polvere rosso-mattone, combustibile ma non autoinfiammabile, usato nella fabbricazione dei fiammiferi.

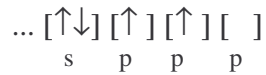
L' **arsenico** è un semimetallo, si trova in natura come solfuro nei minerali *calcopirite*, *arsenopirite* e altri ed esiste in più forme allotropiche. L' *arsenico grigio* forma cristalli esagonali friabili di splendore metallico che riscaldati non fondono ma sublimano. I pigmenti orpimento e realgar, solfuri di arsenico, erano noti agli alchimisti greci. Il domenicano tedesco Alberto Magno (1193-1280) descrive la preparazione dell'arsenico per riscaldamento dell'orpimento con sapone ma gli alchimisti lo considerarono una specie di mercurio. Arsenico deriva da *az-zernik*, nome arabo dell'orpimento.

L' **antimonio** è un semimetallo, si trova in natura come solfuro nella *stibite* e come ossido nella *senarmonite* e nella *valentinite*. Esiste in più forme allotropiche. L' *antimonio grigio* forma cristalli romboedrici friabili, di aspetto metallico. Il solfuro di antimonio *stibnite* è citato in un papiro del XVI secolo a.C; era un componente del trucco per gli occhi usato dalle donne orientali. I Greci e i Caldei sapevano che il «piombo» (probabilmente antimonio) poteva essere ottenuto dalla stibnite; al Louvre è custodito un vaso giapponese di antimonio quasi puro, risalente al 3000 a.C. Gli alchimisti studiarono a fondo i composti dell'antimonio ma non lo distinsero dal piombo. Il simbolo Sb deriva dal lat. *stibium*, conio; più fantasiosa è l'etimologia di antimonio (= *antimonaco*), in quanto sembra che un suo composto sia stato usato da un monaco alchimista per sopprimere un confratello rivale. Probabilmente deriva dall'arabo *ithmid*, quindi ogni riferimento a *Il nome della rosa*, il famoso romanzo di Umberto Eco, è puramente casuale. I *metalli bianchi*, usati come antifrizione per cuscinetti, contengono antimonio in lega con zinco e rame. Il *piombo indurito*, usato nelle industrie chimiche per apparecchiature antiacide, contiene dal 10 % al 15 % di Sb; erano di piombo indurito anche i caratteri da stampa. Il *peltra* è una lega antimonio-rame.

Il **bismuto** si trova in natura come solfuro nella *bismutite* ed è un metallo dal caratteristico riflesso rossastro, avente scarsa conducibilità termica e elettrica. Alla fine del XV secolo era estratto dai suoi minerali per riduzione con carbone. La domanda del metallo aumentò con lo sviluppo della stampa ed esso diventò un costituente comune delle leghe per caratteri da stampa. Alcuni, molto prima del XVI secolo, distinsero il bismuto da piombo, antimonio e stagno, ma altri confusero questi elementi per oltre duecento anni. Il nome bismuto deriva dal ted. *weisse masse*, massa bianca. Il bismuto si usa nella produzione di leghe fusibili.

*** Gruppo 14 (gruppo del carbonio).** Comprende gli elementi *carbonio, silicio, germanio, stagno, piombo* e un elemento artificiale, l'

ununquadrario ($Z = 114$). Gli atomi del gruppo contengono 4 elettroni periferici in un orbitale s completo e in due orbitali p semivuoti



Il carattere metallico aumenta con l'aumentare del numero atomico: il carbonio è un non metallo mentre il silicio e germanio sono semimetalli; per le alte energie di ionizzazione e le piccole dimensioni, carbonio e silicio non formano legami ionici ma tendono a formare legami covalenti, con numero di ossidazione +4. Lo stagno e il piombo sono metalli; nello stato di ossidazione più basso, con altri elementi stabiliscono legami ionici formando cationi Sn^{2+} e Pb^{2+} ; nello stato di ossidazione più alto tendono a formare legami covalenti.

Tab. 10/10 (1). Gruppo 14 (gruppo del carbonio).

elemento		Z	$m.a.r.$	d (kg/dm^3)	$t^\circ \text{fus.}$ ($^\circ\text{C}$)	$t^\circ \text{eb.}$ ($^\circ\text{C}$)	en	$conf. \text{ per.}$
carbonio (grafite)	C	6	12,01	2,26	3730	4830	2,5	$\dots 2s^2 2p^2$
silicio	Si	14	28,09	2,33	1410	2680	1,8	$\dots 3s^2 3p^2$
germanio	Ge	32	72,59	5,32	937	2830	1,8	$\dots 4s^2 4p^2$
stagno	Sn	50	11,7	7,3	232	2270	1,8	$\dots 5s^2 5p^2$
piombo	Pb	82	207,2	11,4	327	1740	1,8.	$\dots 6s^2 6p^2$

Tab. 10/10(2). Gruppo 14 (gruppo del carbonio).

elemento		$H^\circ i$ (kJ/mol)	$r.a.$ (pm)	$r.c.$ (pm)	$n.o$
carbonio (grafite)	C	1093		71	+2 +4
silicio	Si	793		118	+2 +4
germanio	Ge	768	123	121 (Ge_2H_6)	+2 +4
stagno	Sn	715	151		+2 +4
piombo	Pb	722	175		+2 +4

R. Carbonio e carbone sono sinonimi? Antracite, litantrace e antrace hanno qualcosa in comune?

D. Il carbonio (ingl. *carbon*) è l'elemento chimico n. 6 mentre i carboni (ingl. *coal*), sono miscele di sostanze organiche complesse

contenenti azoto, ossigeno, zolfo ed altri elementi, in cui predomina il carbonio.

Antracite e litantrace sono due carboni fossili e i loro nomi derivano dal greco *ánthrax*, carbone. L' antrace è una infezione stafilococchica che produce pustole nerastre come il carbone.

R. Lignina e lignite sono sostanze derivate dal legno?

D. La lignina, un polimero contenente aggruppamenti fenolici e metossilici, accompagna la cellulosa nel legno.

Le ligniti sono carboni fossili «giovani» aventi una età di 20÷100 milioni di anni.

R. «Nel favoloso Antartide vi è carbone coke sui monti di Ellsworth» - riferì un quotidiano.

D. Ad un lettore distratto, probabilmente, la papera sfuggì: il coke è un carbone artificiale, ottenuto per distillazione del litantrace o di oli minerali.

R. Mi è noto che il diamante e la grafite sono forme allotropiche del carbonio; ho letto che negli anni '80 è stata prodotta una terza forma allotropica. Di che cosa si tratta?

D. Ne parleremo più avanti.

R. Qual è il significato del termine inglese silicon?

D. In inglese, silicon significa silicio e non silicone, o silice, come spesso viene tradotto sui giornali e in televisione; la Silicon Valley diventa Valle del Silicene. L' americano Frederick Kipping chiamò siliceni i composti R_2SiO per analogia con i chetoni R_2CO . In un film, un personaggio esclama: «Potremo produrre microchip dal silicene, questa materia prima che si trova dovunque, la sabbia!».

■ Il **carbonio** esiste in tre forme allotropiche: *diamante*, *grafite* e *fullereni*; è presente in natura nei carboni, nei petroli, nei carbonati minerali e, nei regni animale e vegetale, in uno sterminato numero di

composti con idrogeno, ossigeno, azoto e altri elementi, le *sostanze organiche*. Come carbone (lat. *carbo*) ottenuto nella carbonizzazione del legno, il carbonio è conosciuto fin dalla preistoria.

I **carboni** sono sostanze organiche complesse, prodotti della fossilizzazione della cellulosa di piante e residui vegetali: le *antraciti* contengono 93-94 % di C, i *litantraci* 75-90 % di C; le *ligniti* 62-78 % di C. Sono usati direttamente come combustibili ma i litantraci si usano anche per produrre gas combustibili mediante *distillazione*; il residuo della distillazione (*coke*) si usa in metallurgia. Dai carboni si ottengono gas combustibili, contenenti ossido di carbonio e idrogeno, anche per *gassificazione* con vapor d'acqua. Il *nerofumo* è un carbone finissimo, usato nell'industria dei pneumatici, ottenuto per combustione incompleta dell'acetilene o di altri gas. I *carboni attivi*, molto porosi, si usano come adsorbenti e si ottengono per carbonizzazione di residui di macello o di residui vegetali..

Il **silicio** è un semimetallo presente in natura negli innumerevoli silicati ed esiste in varie forme allotropiche; il silicio grigio, cubico, duro e fragile, si ottiene per riduzione del tetrafluoruro con sodio. La silice e i silicati sono usati fin dagli albori della razza umana. Le pietre silicee, usate come armi e utensili, sembra abbiano gradualmente differenziato la mano dell'uomo dalle «mani» dei primati. Malgrado l'onnipresenza dei silicati e la lunga storia della loro utilizzazione, soltanto nel 1811 fu possibile spezzare il forte legame Si—O ed ottenere il silicio: i francesi Joseph-Louis Gay-Lussac e Jaques Thenard lo produssero per riduzione del silicio tetrafluoruro con potassio ma non lo ritennero un elemento. Nel 1823 lo svedese Jöns Jacob Berzelius ridusse il potassio esafluorosilicato con potassio ed ottenne il semimetallo come polvere scura, chiamandolo silicio, dal lat. *silicem*, selce. Il silicio si usa nell'industria elettronica.

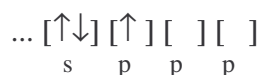
Il **germanio** è un semimetallo, scoperto nel 1886 nel minerale *argirodite* (argento tiogermanato) dal tedesco Clemens Alexander Winkler, che lo ritenne in un primo tempo un metallo simile all'antimonio. La resistenza agli acidi e le proprietà dei suoi ossidi dimostrarono in seguito che si trattava dell'*ekasilicio* previsto da Mendeleev, un semimetallo. Il germanio è grigio e fragile ed è usato nell'industria elettronica. Piccole quantità di germanio aumentano la resistenza agli agenti chimici del rame e dell'acciaio.

Lo **stagno** (lat. *stannum*) si trova in natura come diossido nella *cassiterite* e come solfuro nella *stannite*. Nel libro dei Numeri lo stagno è citato come metallo di valore sotto il nome di *bedil*. Oggetti di stagno sono stati rinvenuti nelle tombe degli antichi Egizi ed il bronzo, lega stagno-rame, è conosciuto fin dai tempi più remoti. Giulio Cesare, registrando la presenza di stagno in Britannia, si riferì ad esso come *plumbum album*, per distinguerlo dal piombo (*plumbum nigrum*). Lo stagno esiste in tre forme allotropiche. Lo stagno grigio è un metallo bassofondente, duttile e malleabile e trova applicazione nella produzione di bronzi (leghe rame-stagno), leghe per saldatura e della latta, banda di acciaio stagnata.

Il **piombo** (lat *plumbum*) si trova in natura come solfuro nella *galena*, come idrossocarbonato nella *cerussite* e come solfato nell'*anglesite*. La facilità di estrazione del piombo dai suoi minerali ne fece uno dei metalli usati largamente fin dall'antichità. I giardini pensili di Babilonia erano rivestiti di lastre di piombo per trattenere l'umidità. I Romani usarono tubi di piombo e molti tratti sono stati ritrovati intatti in tutta Europa. Gli alchimisti associarono il metallo a Saturno, da cui i termini *saturnismo* per indicare l'intossicazione da piombo e *zucchero di Saturno* (piombo idrossiacetato). Il piombo è un metallo grigio-bluastro, molle, duttile e malleabile, tossico, attaccato dagli acidi comuni ma non dall'acido solforico diluito, per formazione di uno strato protettivo di piombo solfato. Si usa per tubazioni e rivestimenti di cavi elettrici ed entra nella composizione di varie leghe, come la lega per le piastre degli accumulatori, contenente il 6-8 % di stagno.

Le **leghe fusibili** sono leghe aventi temperature di fusione inferiore a 100 °C, usate ad esempio negli impianti antincendio automatici. Così ad esempio, la lega di Wood (8 p. Pb, 5 p. Bi, 4 p. Sn, 3 p. Cd) fonde a 68°C; la lega avente la più bassa temperatura di fusione (15 °C) è una lega gallio-stagno al 12 % di stagno.

* **Gruppo 13** (*gruppo del boro*). Comprende gli elementi *boro*, *alluminio*, *gallio*, *indio* e *tallio*. Gli atomi del gruppo contengono 3 elettroni periferici in un orbitale *s* completo e in orbitale *p* semivuoto



Il boro è un semimetallo; gli altri sono metalli. Il boro, per l'alto potenziale di ionizzazione e le piccole dimensioni, forma soltanto legami covalenti. I suoi congeneri stabiliscono con gli altri elementi legami covalenti ma anche ionici, con formazione di cationi Al^{3+} , Ga^{3+} , In^{3+} , Tl^{3+} (e Tl^+).

Tab. 10/11 (1) Gruppo 13 (gruppo del boro).

elemento	Z	m.a.r.	d (kg/dm ³)	t° fus (°C)	t° eb. (°C)	en	conf. per.
boro	B	5	10,81	2,34	2030	3900	2,0 ...2s ² 2p ¹
alluminio	Al	13	26,98	2,7	660	2450	1,5 ...3s ² 3p ¹
gallio	Ga	31	69,72	5,91	30	2400	1,6 ...4s ² 4p ¹
indio	In	49	114,8	7,31	156	2000	1,7 ...5s ² 5p ¹
tallio	Tl	81	204,37	11,85	303	1460	1,8 ...6s ² 6p ¹

Tab. 10/11 (2). Gruppo 13 (gruppo del boro).

elemento	H°i (kJ/mol)	r.a. (pm)	r.c. (pm)	n.o.
boro	B	807	79	+3
alluminio	Al	584	143	+3
gallio	Ga	585	122	+3
indio	In	565	136	+3
tallio	Tl	496	170	+1 +3

■ Il **boro** fu isolato per la prima volta nel 1808, da sir Humphry Davy e dal francese Jaques Thenard, simultaneamente e indipendentemente, per riduzione dell'ossido con metalli alcalini. Il boro esiste in due forme allotropiche; il boro cristallino è nero, duro, fragile. Si ricava per reazione del sodio borato con magnesio e si usa nell'industria nucleare.

L' **alluminio** abbonda in natura come ossido e silicato. Gli antichi Greci e Romani usavano l'allume (lat. *alumen*) in medicina e in tintoria. Intorno al 1760 Baron ipotizzò l'esistenza, nell'allume, di un altro metallo oltre al potassio ma tutti i metodi tentati per isolarlo fallirono. Alluminio impuro fu ottenuto per la prima volta nel 1825 dal danese Hans Christian Oersted per azione dell'amalgama di potassio sull'alluminio cloruro. Il tedesco Robert Wilhelm von Bunsen fu il primo ad ottenere alluminio puro mediante elettrolisi dei suoi sali fusi. L'alluminio è un metallo leggero, duttile e malleabile; all'aria si ricopre di uno strato protettivo di ossido. Il metallo si ottiene per elettrolisi del suo ossido fuso, in presenza di criolite (sodio esafluoroalluminato) e trova larga applicazione nelle produzioni di leghe

leggere, resistenti agli agenti atmosferici, atossiche. L'alluminio in polvere si usa nell'industria delle vernici e in pirotecnia. Le **leghe leggere** sono leghe di alluminio con Mg, Zn, Cu, Si e altri metalli; le **leghe ultraleggere** sono leghe del magnesio con alluminio e altri metalli.

Il **gallio** è l'ekaalluminio previsto da Mendeleev e fu scoperto nel 1875 dal francese Paul Emile Lecoq de Boisbaudran, il quale aveva riscontrato delle somiglianze tra le righe spettrali emesse dai vapori di metalli appartenenti ad uno stesso gruppo. Bramoso di verificare questo fatto per il gruppo del boro, e di trovare l'elemento mancante tra l'alluminio e l'indio (scoperto nella sfalerite dodici anni prima) disciolse la sfalerite in acqua regia, precipitò con zinco e trovò che, all'esame spettroscopico, il precipitato emetteva due nuove linee viola dovute all'elemento 31. Il gallio è presente in tracce nei minerali di zinco e di alluminio. È il metallo avente il più basso punto di fusione (mercurio escluso, liquido a temperatura ambiente).

L'**indio** è uno degli elementi più rari e si trova in tracce nei minerali di zinco. Nel 1863 F. Reich e H.T. Richter, mentre esaminavano campioni di una sfalerite, nell'esame spettroscopico notarono una linea blu brillante mai osservata prima. Riuscirono a separare il nuovo elemento e lo chiamarono indio, per il colore blu indaco della sua linea spettrale. L'indio si usa in odontotecnica.

Il **tallio** è raro e si riscontra nella *crookesite*. Nel 1861 sir William Crookes stava eseguendo l'esame spettroscopico di alcuni residui di un impianto di produzione dell'acido solforico quando «improvvisamente apparve una linea verde brillante e risplendente». Dedusse che il materiale doveva contenere un nuovo elemento; la linea verde ricordava il colore della vegetazione primaverile e Crookes chiamò l'elemento tallio, da tallo, germoglio. L'elemento fu ottenuto nel 1862 dallo stesso Crookes e, indipendentemente, da C.A. Lamy. Il tallio è un metallo molle, tossico.

*** Elementi di transizione.** Occupano i gruppi dal 3d al 12d della tavola periodica. Nei loro atomi gli elettroni periferici occupano orbitali *s* e orbitali *d*: ciò comporta molte somiglianze nelle proprietà quali aspetto metallico, alti punti di fusione (ad eccezione del mercurio, liquido a temperatura ambiente), vari numeri di ossidazione e un numero elevato di composti di coordinazione.

R. Che cosa sono?

D. Calma. Li incontreremo più avanti. L'ordine di grandezza dell'energia per il passaggio di elettroni *d* ad un livello più alto è quello delle radiazioni luminose. Per questo motivo, molti composti degli elementi di transizione sono colorati. Così ad esempio, i sali di rame sono azzurri o verdi, i sali di cromo e di nichelio verdi, i cromati gialli, i dicromati arancione, i sali di manganese rosa e i permanganati violetti. Riprendiamo il nostro elenco dei gruppi.

Tab. 10/12 (1). Gruppi 3d, 4d, 5d, 6d, 7d.

elemento	3d	Z	m.a.r.	d (kg/dm ³)	t° fus. (°C)	t° eb. (°C)	en
scandio	Sc	21	44,96	3,0	1540	2730	1,3

ittrio	Y	39	88,91	4,5	1500	2930	1,2
lantanio	La	57	138,91	6,17	920	3470	1,1
attinio	Ac	89	(227)		1050	3200	1,1
	<i>4d</i>						
titanio	Ti	22	47,90	4,5	1670	3260	1,6
zirconio	Zr	40	91,92	6,49	1850	3580	1,4
afnio	Hf	72	178,5	13,1	2000	5400	1,3
unnilquadrio	Unq	104					
	<i>5d</i>						
vanadio	V	23	50,94	5,8	1900	3450	1,6
niobio	Nb	41	92,91	8,5	2420	4900	1,6
tantalio	Ta	73	180,95	16,6	3000	5430	1,5
unnilpentio	Unp	105					
	<i>6d</i>						
cromo	Cr	24	52,0	7,19	1900	2642	1,6
molibdeno	Mo	42	95,94	10,2	2610	5560	1,8
wolframio	W	74	183,85	19,3	3410	5930	1,7
unnilesio	Unh	106					
	<i>7d</i>						
manganese	Mn	25	54,94	7,43	1250	2100	1,5
tecnecio	Tc	43	98,91	11,5	2140		1,9
renio	Re	75	186,2	21,0	3180	5630	1,9
unnilsettio	Uns	107					

Tab. 10/12 (2). Gruppi 3d, 4d, 5d, 6d, 7d).

elemento	<i>3d</i>	H° i (kJ/mol)	r.a (pm)	r.c. (pm)	n.o.
scandio	Sc	637	161		+3
ittrio	Y	622	178		+3
lantanio	La	544	187		+3
attinio	Sc	670	188		+3
	<i>4d</i>				
titanio	Ti	664	145		+3 +4
zirconio	Zr	666	159		+4
afnio	Hf	680	156		+4
unnilquadrio	Unq				
	<i>5d</i>				
vanadio	V	656	131		+2 +3 +4 +5
niobio	Nb	670	143		+3 +5
tantalio	Ta	767	143		+5
unnilpentio	Ump				
	<i>6d</i>				
cromo	Cr	659	125		+2 +3 +6
molibdeno	Mo	691	136		+2 +3 +4 +5 +6
wolframio	W	776	137		+2 +3 +4 +5 +6
unnilesio	Unh				
	<i>7d</i>				
manganese	Mn	724	137		+2 +3 +4 +6 +7
tecnecio	Tc	708	135		+7

renio	Re	766	137	+2	+4	+6 +7
unnilsettio	Uns					

***Gruppo 3d.** Comprende gli elementi *scandio, ittrio, lantanio e attinio*. Si trovano in rari minerali scandinavi detti appunto *terre rare* (→ lantanoidi).

***Gruppo 4d.** Comprende *titanio, zirconio, afnio* e un elemento artificiale, l'*ununquadrio* ($Z = 104$).

■ Il **titanio** è abbastanza diffuso in natura e si estrae dall'*ilmenite*. Fu scoperto nel 1791 da W. Gregor, un sacerdote anglicano, chimico dilettante; egli riconobbe l'esistenza di un nuovo elemento analizzando una sabbia nera della Cornovaglia. Quattro anni dopo, il tedesco Heinrich Martin Klaproth scoperse l'elemento nel minerale rutilo e gli diede il nome di titanio, dai *Titani*, i primi figli della Terra nella mitologia greca. Il titanio è leggero e duttile e si usa per produrre *leghe ferro-titanio*, leggere e resistenti agli agenti chimici e atmosferici.

Lo **zirconio** è diffuso in natura ma in piccole quantità. Sebbene varietà di zircone (dall'arabo *zargun*, colore dell'oro) siano conosciuti fin dai tempi biblici, soltanto nel 1789 H.M. Klaproth riuscì ad isolare l'ossido di zirconio; nel 1824 lo svedese Jöns Jacob Berzelius ottenne l'elemento impuro mediante riduzione con potassio del potassio fluorozincato. Lo zirconio puro fu prodotto soltanto nel 1914; per la sua resistenza agli agenti chimici, può sostituire l'oro e il platino in alcune apparecchiature industriali.

L'**afnio** è diffuso in natura ma in piccole quantità. La presenza di un nuovo elemento in un minerale di zirconio fu stabilita dal danese Dirk Coster e dall'ungherese Georg von Hevesy, nel 1923, per mezzo della spettrografia a raggi X. Il nome e il simbolo derivano da Hafnia, antico nome di Copenaghen. Si usa negli impianti nucleari.

***Gruppo 5d.** Comprende *vanadio, niobio, tantalio* e un elemento artificiale, l'*unnilpentio* ($Z = 105$).

■ Il **vanadio** è diffuso ma in piccole quantità. La scoperta dell'elemento 23, in un minerale di piombo fu comunicata, nel 1801, da Andrés Manuel Del Rio, dell'università di Città del Messico; a causa della formazione di una varietà di colori in soluzione acida, Del Rio chiamò il nuovo elemento *eritronio*. Successivamente, il professore ritrattò l'affermazione ritenendo, dopo ulteriori esami, che il prodotto fosse un idrossocromato di piombo. Soltanto nel 1870 l'elemento fu riscoperto in modo inequivocabile, dallo svedese Sefstrom, in un minerale di ferro svedese e fu chiamato vanadio, da *Vanadis*, Venere della mitologia scandinava, per la bellezza dei colori dei suoi derivati. Il tedesco Friedrich Wöhler, nel 1831, identificò il vanadio come l'eritronio di Del Rio. In Italia, il vanadio si estrae dai residui della combustione di oli minerali e si usa per produrre gli acciai rapidi.

Il **niobio** e il **tantalio** sono rari. Nel 1801 Hatchett isolò un nuovo ossido bianco da un minerale nero (inviato al British Museum, più di un secolo prima, da John Winthreop il Giovane, primo governatore del Connecticut) e lo chiamò ossido di columbio, da Colombo. Successivamente, al minerale fu assegnato il nome columbite. Nell'anno seguente lo svedese G. Ekeberg, studiando minerali provenienti da Ytterbi (Svezia) e Kimito (Finlandia), isolò un elemento che chiamò tantalio, da *Tantalo*, per la resistenza offerta dall'ossido all'attacco con vari reagenti, un vero supplizio di Tantalo per un chimico. Dopo queste scoperte, le identità del columbio e del tantalio divennero confuse e l'inglese William Hyde Wollaston

sostenne trattarsi di un solo elemento. Questa opinione resistette fino a quando il tedesco Heinrich Rose eseguì uno studio minuzioso su varietà di columbite e tantalite, isolando il tantalio e, nel 1844, un altro elemento che chiamò niobio, da *Niobe* figlia di Tantalos. Credette anche di aver isolato un terzo elemento (*polopio*) in più tardi capi trattarsi del niobio. Niobio e tantalio trovano impiego nella produzione di acciai speciali particolarmente duri e resistenti agli agenti chimici, usati per strumenti chirurgici, filiere ecc.

***Gruppo 6d.** Comprende cromo, molibdeno, wolframio ed un elemento artificiale, l' *unnilezio* (Z = 106).

■ Il **cromo** si trova in natura come ossido nella *cromite*. Fu scoperto nel 1798 dal francese Louis Nicolas Vauquelin, nel «piombo siberiano» (il minerale *crocoite*, piombo cromato) mediante riduzione con carbone ad alta temperatura, e in uno smeraldo peruviano. L'abate francese René-Just Haüy suggerì il nome cromo, dal gr. *chrôma*, colore, per i colori dei suoi composti. Il cromo è un metallo lucente, inalterabile all'aria; si usa per ricoprire altri metalli mediante processi galvanici e per produrre acciai inossidabili.

Il **molibdeno** è poco diffuso; si trova nella *molibdenite* e nella *wulfenite*. Fino alla metà del XVIII secolo la molibdenite (molibdeno disolfuro), un minerale nero e tenero, era confuso con la grafite, cui assomigliava, ed entrambi erano chiamati *molibdan* o *molibdeno*, dal gr. *mólybdos*, piombo. Nel 1778 lo svedese Karl Wilhelm Scheele analizzò la molibdenite; mediante ripetuti trattamenti del minerale con acido nitrico ottenne un acido che T. Bergman suggerì potesse essere quello di un nuovo elemento. Nel 1782 Hielm ottenne il molibdeno per riduzione con carbone, prodotto della pirolisi dell'olio di lino usato per impastare l'ossido. Il molibdeno entra nella composizione di acciai speciali.

Il **wolframio** si trova nella *wolframite* e nella *scheelite*. Fu scoperto dallo svedese Carl Wilhelm Scheele nel 1781 in un composto (acido wolframico) ottenuto da un minerale bianco allora chiamato *tungsten* (in svedese, *pietra pesante*) ed ora *scheelite*, il cui principale costituente è il calcio wolframato. Nel 1783 due chimici spagnoli, i fratelli d'Helhuvar, ottennero l'acido wolframico dalla wolframite, un wolframato di calcio e manganese. Il nome wolframio deriva dal ted. *wolfram*, bava di lupo, perchè il wolframio interferiva negativamente nel processo di estrazione dello stagno, «divorandolo». Nei Paesi Angloassonni l'elemento è ancora chiamato *tungsten*, nome non ammesso dalla IUPAC. Il wolframio è un metallo grigio, fonde ad alta temperatura ed è usato per produrre acciai speciali e i filamenti delle lampadine ad incandescenza.

***Gruppo 7d.** Comprende manganese, tecnezio (artificiale), renio ed un elemento artificiale, l' *unnilsettio* (Z = 107).

■ Il **manganese** si trova come ossido nella *pirolusite*, nella *hausmannite* e nella *braunite* e accompagna il ferro nei suoi minerali. Alcuni suoi minerali sono conosciuti fin dall'antichità; nel 1770 lo svedese J.G. Gahn riscaldò la pirolusite con carbone e ottenne un «regolo» ma soltanto nel 1774 un altro svedese, K.W. Scheele, si rese conto che il minerale e le sostanze che se ne potevano estrarre contenevano un nuovo elemento. Malgrado questa scoperta, Scheele non riuscì ad isolare il metallo; lo fece Gahn nello stesso anno. Il minerale pirolusite fu dapprima descritto come una varietà di ossido di ferro magnetico, *lapis magnes*, da cui il nome manganese. È un metallo grigio, duro e si usa nella produzione di acciai speciali.

Dell'elemento 43 l'isotopo 99 è stato riscontrato, in minime tracce, nei prodotti della fissione dell'uranio. Nel 1937 il francese Charles Perrier e l'italiano Emilio Gino Segrè, in Italia, ottennero gli isotopi 95 e 98 in un ciclotrone, bombardando il molibdeno con deuteri. Trattandosi del primo elemento prodotto artificialmente, lo chiamarono **tecnezio**, dal gr. *technetos*, artificiale. Le linee spettrali del tecnezio sono state osservate nella luce di certe stelle e ciò ha influenzato le teorie sulla formazione degli elementi

nell'evoluzione stellare. Il tecnezio è radioattivo; il tempo di dimezzamento dell'isotopo 98 è lunghissimo, $1,5 \cdot 10^6$ y.

Il **renio** è l'*ekamanganeso* di Mendeleev ed è uno degli elementi più rari. La sua scoperta è generalmente attribuita allo svedese Walter Noddak, e ai tedeschi Ida Take e Otto Berg i quali, nel 1925, per mezzo della spettroscopia a raggi X, lo individuarono nella gadolinite e in minerali di platino. Il nome deriva dal fiume Reno.

*** Ferro, cobalto, nichelio.** Appartengono rispettivamente ai gruppi 8d, 9d e 10d ma hanno proprietà simili; per esempio, sono ferromagnetici.

Tab. 10/13 (1).Ferro,cobalto e nichelio.

elemento	Z	m.a.r.	D (kg/dm ³)	t° fus. (°C)	t° eb. (°C)	en	
ferro	Fe	26	55,85	7,86	1540	3000	1,8
cobalto	Co	27	58,93	8,9	1490	2900	1,8
nichelio	Ni	28	58,71	8,9	1450	2730	1,8

Tab. 10/13 (2).Ferro, cobalto e nichelio.

elemento		H° i (kJ/mol)	r.a. (pm)	r.c. (pm)	n.o.
ferro	Fe	8d	766	124	+2 +3
cobalto	Co	9d	764	125	+2 +3
nichelio	Ni	10d	743	125	+2 +3

■ Il **ferro** (lat. *ferrum*) esiste in varie forme allotropiche (α , β , γ , δ). La produzione del ferro dai suoi minerali sembra abbia avuto inizio verso il 1200 a.C.; nella Bibbia si accenna ad un «Tubal-Kain il fabbro, padre di tutti i lavoratori del rame e del ferro» (Gen., 4, 22). Soltanto nel XIV secolo fu possibile raggiungere la temperatura necessaria per la produzione della ghisa; Abraham Derby introdusse il coke come riducente nel 1730. Incontreremo più avanti importanti leghe di ferro, come le ghise e gli acciai. Il **cobalto** si riscontra nella *cobaltite* e nella *linneite*. I composti del **cobalto** sono usati da almeno 400 anni per colorare il vetro; il metallo fu isolato per la prima volta nel 1735 e riconosciuto come un elemento dallo svedese Georg Brandt; il nome cobalto deriva dal ted. *kobold* (coboldo, folletto). Il cobalto è un metallo bianco, inalterabile all'aria, usato per produrre acciai speciali.

Il **nichelio** si trova nella *garnierite* e nella *niccolite*. Una lega di nichelio (*packfong*) era nota agli antichi Cinesi. Alla fine del XVII secolo, in Germania, un minerale duro era usato per ottenere un vetro verde; i minatori Sassoni credevano contenesse rame ma da esso non riuscirono mai ad ottenerlo. Il risultato deludente di questi tentativi portò a chiamare il minerale *kupfernickel* (il rame del vecchio Nick, Satana). Nel 1751 il danese Fredrik Cronsted studiò un minerale svedese ricavandone un metallo bianco, duro e fragile, non avente alcuna somiglianza con il rame. Dimostrò trattarsi del componente principale del *kupfernickel* e propose di chiamarlo *nickel*. Il nichelio è un metallo bianco lucente, duttile e malleabile, inalterabile all'aria, usato per produrre acciai speciali e come catalizzatore in chimica organica. Il *metallo monel* è una lega al 67 % di Ni, 28 % Cu e 5 % di Mn.

*** Platinoidi.** Sono sei elementi appartenenti ai gruppi 8d, (*rutenio* e *osmio*), 9d (*rodio* e *iridio*), 10d (*palladio* e *platino*), pesanti, caratterizzati

da alte temperature di fusione e resistenza agli agenti chimici. Ai gruppi 8d, 9d e 10d appartengono anche tre elementi artificiali, l' *unilniottio* (Z = 108), l' *unnilennio* (Z = 109) e l' *unnilnilio* (Z = 110).

Tab. 10/14 (1). Platinoidi.

elemento	8d	Z	m.a.r.	d (kg/dm ³)	t° fus. (°C)	t° eb. (°C)	en
rutenio	Ru	44	101,1	12,2	2300	3900	2,2
osmio	Os	76	190,2	22,4	3000	5500	2,2
unnilottio	Uno	108					
<i>9d</i>							
rodio	Rh	45	102,91	12,4	1970	3730	2,2
iridio	Ir	77	192,22	22,5	2450	4500	2,2
unnilennio	Une	109					
<i>10d</i>							
palladio	Pd	46	106,4	12,0	1550	3125	2,2
platino	Pt	78	195,1	21,4	1770	3825	2,2
ununnilio	Uun	110					

Tab. 10/14 (2). Platinoidi.

elemento	8d	H° i (kJ/mol)	r.a. (pm)	r.c. (pm)	n.o.
rutenio	Ru	717	133		+2 +3 +4 +6 +8
osmio	Os	850	134		+2 +3 +4 +6 +8
unnilottio	Uno				
<i>9d</i>					
rodio	Rh	726	134		+2 +3 +4
iridio	Ir	880	136		+2 +3 +4 +6
unnilennio	Une				
<i>10d</i>					
palladio	Pd	811	138		+2 +4
platino	Pt	870	139		+2 +4
ununnilio	Uun				

■ Il **platino** nativo era cocosciuto dagli Indios dell'Ecuador già in epoca precedente all'arrivo dei *Conquistadores*. Nel 1557 il poeta italiano G.B. Scaligero segnala un metallo infusibile proveniente dalle miniere dell'Honduras. Il primo preciso riferimento al platino fu fatto da Ulloa, ufficiale della Marina Spagnola, il quale descrisse la scoperta di un metallo, non lavorabile, nelle miniere di Chocò, nell'attuale Columbia. Durante ricerche sulla purificazione del platino, l'inglese William Hyde Wollaston, nel 1803, isolò il **palladio**, così chiamato dopo la scoperta, nel 1802, dell'asteroide Pallade) e nel 1804 un altro elemento, cui diede il nome di **rodio** (dal gr. *rhódon*, rosa, per il colore di alcuni suoi composti). Nel 1803 Collet-Descostil comunicò di aver isolato un nuovo elemento nel residuo dell'attacco del platino con acqua regia. Nell'anno seguente, l'inglese Smithson Tennant stabilì che in realtà si trattava di due elementi. Ad uno diede il nome di **iridio** (lat. *iris*, arcobaleno, per la varietà dei colori dei suoi sali) e all'altro **osmio** (dal gr *osmé*, odore), a causa dell'odore del suo ossido. Nel 1827 Osann, ucraino, annunciò la scoperta di tre nuovi elementi (*pluranio*, *rutenio* e *polinio*) che asserì aver isolato dai residui

della dissoluzione di un minerale di platino proveniente dagli Urali. Nel 1844 K. Claus dimostrò trattarsi di un solo elemento che, per riguardo a Osann, chiamò **rutenio**, da *Rutenia*, nome latino dell'Ucraina.

* **Gruppo 11 d.** Comprende i metalli nobili *rame, argento oro*, inattaccabili dagli acidi comuni ed un elemento artificiale, l' *unununio* ($Z = 111$).

Tab. 10/15 (1). Gruppo 11d.

elemento	Z	<i>m.a.r.</i>	<i>d</i> (kg/dm ³)	<i>t° fus.</i> (°C)	<i>t° eb.</i> (°C)	<i>en</i>	
rame	Cu	29	63,55	8,96	1083	2600	1,9
argento	Ag	47	107,87	10,5	961	2210	1,9
oro	Au	79	196,67	19,3	1063	2970	2,4

Tab. 10/15 (2). Gruppo 11d.

elemento	H° i (kJ/mol)	r.a. (pm)	r.c. (pm)	n.o.
rame	Cu	752	128	+1 +2
argento	Ag	737	144	+1
oro	Au	896	144	+1 +3

■ Il **rame** si trova in natura libero, come solfuro, ossido, idrossocarbonato. L'utilizzazione del rame risale alla preistoria; il nome latino *cuprum* e l'attuale simbolo derivano da Cipro, famosa nell'antichità per le sue miniere di rame. Il rame è un metallo dal colore caratteristico, duttile, malleabile; all'aria umida si ricopre di uno strato protettivo di idrossocarbonato azzurro. Resiste bene all'attacco degli acidi comuni; purissimo al 99,99 % (*rame elettrolitico*) si usa come conduttore elettrico. Gli **ottoni** sono leghe rame-zinco contenenti non meno del 50 % di Cu, con o senza aggiunta di altri elementi. I **bronzi** sono leghe rame-stagno; i **bronzi di alluminio** sono leghe rame-alluminio.

L' **argento** si trova in natura libero, come cloruro e solfuro e accompagna spesso il piombo nella galena. E' tenero, per cui si usa in lega con altri metalli come ad esempio il rame. E' un metallo nobile ed è il migliore elettroconduttore. Resiste bene all'ossidazione dell'aria ma piccole quantità di acido solfidrico presenti nelle abitazioni lo anneriscono.

L' **oro** è abbastanza diffuso allo stato libero, ma in piccole quantità. E' il primo metallo conosciuto dall'uomo; il simbolo Au deriva dal lat. *aurum*, aurora. E' molto duttile e malleabile e in oreficeria si usa in lega con argento e rame. Resiste bene agli agenti atmosferici ed agli acidi, acido nitrico compreso.

* **Gruppo 12d.** Comprende due metalli comuni, *zinco e cadmio*, attaccabili dagli acidi comuni, il *mercurio*, metallo nobile, ed un elemento artificiale, l' *ununbio* ($Z = 112$).

Tab 10/16 (1). Gruppo 12d.

elemento	Z	<i>m.a.r.</i>	<i>d</i> (kg/dm ³)	<i>t° fus.</i> (°C)	<i>t° eb.</i> (°C)	<i>en</i>
----------	---	---------------	-----------------------------------	------------------------	-----------------------	-----------

zinco	Zn	30	65,38	7,14	419	906	1,6
cadmio	Cd	48	112,40	8,65	321	765	1,7
mercurio	Hg	80	200,59	13,53	- 39	357	1,9

Tab. 10/16 (2). Gruppo 12d.

elemento		H° i (kJ/mol)	r.a. (pm)	r.c. (pm)	n.o.
zinco	Zn	913	133		+2
cadmio	Cd	874	149		+2
mercurio	Hg	1013	150		+1 +2

■ Lo **zinco** si trova in natura come solfuro, carbonato e silicato. Fu probabilmente estratto per la prima volta in India e in Cina. Monete cinesi di zinco erano usate fin dal 1450 a.C. Il metallo fu riscoperto dal tedesco Andreas Sigismund Marggraaf ed il nome deriva dal tedesco *zink*, di origine incerta. E' grigio-bluastro, fragile ma tra 100 °C e 150 °C diventa duttile e malleabile; fonde e bolle a temperature relativamente basse ed è facilmente attaccato dagli acidi.. All'aria umida si ricopre di uno strato biancastro di ossido e carbonato, che lo preserva dall'ulteriore corrosione. Si impiega per produrre leghe, come gli ottoni e le *leghe zama* (Zn-Al-Mg).

Il **cadmio** accompagna lo zinco nei suoi minerali ed è molle, duttile e malleabile, attaccabile dagli acidi. Alcuni campioni di zinco carbonato producevano un ossido bruno e un solfuro giallo (mentre l'ossido e il solfuro di zinco sono bianchi): il metallo fu scoperto nel 1817 da F. Stromeyer e chiamato cadmio, da *cadmia*, antico nome greco della calamina (da Cadmo, fondatore di Tebe), nella quale spesso si trova. Si usa per produrre leghe per saldatura.

Il **mercurio** si trova in natura libero e come solfuro nel *cinabro*. E' l'unico metallo liquido alla temperatura ambiente e i suoi vapori sono tossici. Il mercurio era noto agli antichi; è stato trovato in tombe egizie risalenti al 1600 a.C. ed era usato per l'estrazione dei metalli, per amalgamazione, fin dal 500 a.C. In seguito, il metallo affascinerà gli alchimisti che lo considereranno come una personificazione dell'autentica «essenza metallica», e una possibile chiave di trasmutazione dei metalli «vili» in metalli «nobili». Il simbolo Hg deriva dal lat. *hydrargyrum*, argento liquido; il nome, da Mercurio, il veloce messaggero degli Dei, è dovuto agli alchimisti. A differenza dello zinco e del cadmio il mercurio è un metallo nobile, inattaccabile dagli acidi comuni. E' usato in molti apparecchi scientifici (termometri, barometri, manometri, pompe a vuoto, ecc.) e nell'estrazione dell'oro. Gli *amalgami*, o *amalgame*, sono leghe solide o liquide del mercurio con altri metalli (Au, Ag, Cd, Sn, ecc.), usate in odontotecnica.

*** Lantanio e lantanoidi.** Sono 15 elementi occupanti la casella 57 del lantanio. Uno di essi, il promezio, è artificiale. Nei loro atomi gli elettroni periferici occupano gli stessi orbitali *5d* e *6s* del lantanio mentre si vanno riempiendo gli orbitali *4f* più interni. Per questo motivo le loro proprietà fisiche e chimiche sono molto simili, da cui le grandi difficoltà incontrate dai loro scopritori.

Tab. 10/17. Lantanio e lantanoidi.

elemento	Z	m.a.r.	d (kg/dm ³)	t° fus. (°C)	t° eb. (°C)	H° i (kJ/mol)	r.a. (pm)	n.o.	
lantanio	La	57	138,91	6,17	920	3470	544	187	+3

cerio	Ce	58	140,12	6,78	795	3470	534	183	+3	+4
praseodimio	Pr	59	140,91	6,77	935	3130	529	132	+3	+4
neodimio	Nd	60	144,24	7,00	1020	3030	536	181	+3	
promezio	Pm	61	(145)				542		+3	
samarium	Sm	62	150,4	7,54	1070	1900	549	179	+2	+3
europio	Eu	63	151,96	5,26	826	1440	553	199	+2	+3
gadolinio	Gd	64	157,25	7,89	1310	3000	598	179	+3	
terbio	Tb	65	158,93	8,27	1360	2800	570	176	+3	+4
disproso	Dy	66	162,50	8,54	1410	2600	578	175	+3	
olmio	Ho	67	164,93	8,80	1460	2600	586	174	+3	
erbio	Er	68	167,26	9,05	1500	2900	595	173	+3	
tulio	Tm	69	168,93	9,33	1550	1730	601		+3	
itterbio	Yb	70	173,04	6,98	824	1430	610	194	+2	+3
lutezio	Lu	71	174,97	9,84	1650	3330	530	172	+3	

■ L'origine della chimica delle «terre rare» fu la scoperta, da parte di un ufficiale dell'esercito svedese, C.A. Arrhenius, nel 1787, di un insolito campione di minerale nella miniera di feldspato di Ytterby, non lontana da Stoccolma. Nel 1794 il finlandese Johan Gadolin separò da alcuni campioni del minerale una nuova non ben definita «terra». Sebbene Arrhenius avesse denominato il minerale *itterite*, Ekeberg, nel 1797, lo chiamò *gadolinite* e la terra *ittria*. Poco tempo dopo il tedesco Heinrich Martin Klaproth e, indipendentemente, lo svedese Jöns Jacob Berzelius, isolarono un altro minerale pesante, una «terra» simile che venne chiamata *ceria*, e il minerale da cui proveniva *cerite*, dal nome del pianeta Cerere, dea romana delle messi, da poco scoperto.

Nell'itterite, o gadolinite, lo svedese Carl Gustav Mosander scoperse, nel 1843, l'**ittrio**, il **terbio**, l'**itterbio** e l'**erbio** (tutti nomi derivati da Ytterby). Nel 1866 il francese P.E. Lecoq de Boisbaudran, scoprì il **disproso** (dal gr. *dysprósitos*, *difficile da raggiungere*) e lo svedese Lars Fredrik Nilson, nel 1879, lo **scandio** (da Scandinavia), l'*ekaboro* di Mendeleev. Nello stesso anno furono scoperti, da Clève, il **tulio** (da *Thule*, antico nome della Scandinavia, ma chiamato in un primo tempo *aldebaranio*) e l'**olmio** (da *Holmia*, Stoccolma). Infine, nel 1907, sempre nella gadolinite, fu trovato, quasi contemporaneamente dal francese Georges Urbain, dall'austriaco Karl Auer von Welsbach e dall'americano James, il **lutezio** (da *Lutetia*, Parigi); von Welsbach lo chiamò *cassiopeo*). Nella cerite furono invece scoperti: nel 1803, da J.J. Berzelius, svedese, il **cerio** (in lega con il ferro, si usa per produrre scintille negli accendini); nel 1839, dallo svedese Carl Gustav Mosander, il **lantano** (dal gr. *lanthánein*, stare nascosto) ed un elemento che chiamò *didimio* (dal gr. *dídymos*, gemello) risultando inseparabile dal lantano. Successivamente, von Welsbach trovò che il didimio era costituito da due elementi che denominò **neodimio** (dal gr. *neós*, nuovo e *dídymos*, gemello); e **praseodimio** (dal gr. *prasêios*, verde). l'ossido di neodimio entra nella composizione di vetri speciali in grado di assorbire le radiazioni UV. Lecoq de Boisbaudran, nel 1879, scoprì il **samarium** (nel minerale *samaraskite*, da V.E. *Samariskij*, mineralogista russo). De Marignac, nel 1880, il **gadolinio** (da Johann Gadolin, chimico finlandese). Demarcay, nel 1896, scoprì l'**europio** (da *Europa*, madre di Minosse).

Il lantanide n. 61 non esiste in natura e fu prodotto artificialmente, nel 1945, negli USA, da J.A. Marinsky, L.E. Glendenin e C. DuBois Coryell, che lo chiamarono **promezio**, dal mitico Prometeo che rubò il fuoco agli dei. Il tempo di dimezzamento dell'isotopo 147 è 2,5 y.

* **Attinio e attinoidi.** Sono 15 elementi occupanti la casella 89 dell'attinio; soltanto i primi tre (Th, Pa, U) si trovano in natura; gli elementi transuranici sono tutti artificiali. Negli attinoidi gli elettroni periferici occupano gli orbitali *6d* e *7s* mentre si vanno riempiendo gli orbitali *5f* più

interni. Hanno proprietà molto simili tra loro e a quelle degli elementi della transizione *5d*, potendo gli elettroni degli orbitali *5f* passare in orbitali *6d*, per le piccole differenze di energia. Sono tutti radioattivi.

Tab. 10/18. Attinio e attinoidi.

elemento	Z	<i>m.a.r.</i>	<i>D</i> (kg/dm ³)	<i>t° fus.</i> (°C)	<i>t° eb.</i> (°C)	<i>H° i</i> (kJ/mol)	<i>r.a.</i> (pm)	<i>t</i> ^{1/2}
attinio	Ac	89	(227)	1050	3200	670	188	21,6 a
torio	Th	90	232,04	11,7	1700	4200	180	
protoattinio	Pa	91	231,04	15,4			161	
uranio	U	92	238,03	18,90	1130	3820	139	
nettunio	Np	93	237,05	20,4	640		130	
plutonio	Pu	94	(239)	19,8	640	3230	570	24 360 a
americio	Am	95	(243)	11,7	> 850	2600	590	8 800 a
curio	Cm	96	(247)	7				1,6·10 ⁷ a
berchelio	Bk	97	(243)					4,6 h
californio	Cf	98	(254)					55 y
einsteinio	Es	99	(254)					276 y
fermio	Fm	100	(257)					80 y
mendelevio	Md	101	(258)					60 y
nobelio	No	102	(255)					3 min
laurenzio	Lw	103	(256)					35 s

■ L' **attinio** fu scoperto in un minerale di uranio dal francese André Louis Debierne e, indipendentemente da Geisel. Il nome deriva dal gr. *aktís*, raggio.
 Il **torio** fu scoperto nel 1828 dallo svedese J. J. Berzelius nella cerite; il nome deriva da *Thor*, dio della mitologia scandinava. Gli ossidi di torio, riscaldati, producono una luce intensa e si usano nella produzione delle reticelle per le lampade da campeggio, alimentate con GPL.
 L'isotopo 234 del **protoattinio**, prodotto di decadimento dell'uranio 235, fu scoperto dal tedesco Kasimir Fajans che lo chiamò *brevio*, nel 1913; in seguito, in Germania, Otto Hahn e Lise Meitner e, indipendentemente, in Gran Bretagna, Frederick Soddy e John Arnold Cranston, trovarono il protoattinio 231. Il nome deriva dal gr. *protos*, primo.
 Vetri colorati contenenti sali di **uranio** e datati 80 a.C. sono stati trovati vicino a Napoli ma l'uranio (dal pianeta Urano) fu isolato soltanto nel 1789 dal tedesco Heinrich Martin Klaproth, in un campione di pechblenda sassone. L'uranio è duttile e malleabile, tossico. L'isotopo 238, costituente oltre il 90 % dell'elemento, è radioattivo (tempo di dimezzamento lunghissimo, 4,5·10⁹ y) ma non è fissile.
 I primi due elementi *transuranici*, il **nettunio** e il **plutonio** (dai pianeti Nettuno e Plutone) furono ottenuti nel 1940, da Edwin McMillan e Philip Abelson dell'università di Berkeley, in California, per irradiazione dell'uranio naturale con neutroni. Nell'università di Chicago Glenn Theodore Seaborg, Albert Ghiorso e Coll., nel 1944, ottennero l'**americio** per irradiazione del plutonio 239 con neutroni. Nel 1954 la stessa équipe produsse il **curio** (così chiamato in onore di Maria e Pierre Curie) bombardando il plutonio 239 con elioni. Dall'americio produssero, nel 1949, il **berchelio** (dall'università di Berkeley), per bombardamento con elioni. e nel 1950 il **californio** (da California), per bombardamento del curio 254 con elioni. Nel 1952 Ghiorso e altri quindici ricercatori riscontrarono la presenza degli elementi 99 e 100 nei prodotti della esplosione di una bomba termonucleare e li chiamarono rispettivamente **einstenio** (in onore di Albert Einstein) e **centurio**, poi diventato **fermio** (in onore di Enrico Fermi). Il gruppo di Ghiorso, nel 1955, ottenne il **mendelevio** (in onore di Dimitri I. Mendeleev) bombardando l'einsteinio con elioni; nel

1958 il **nobelio** (in onore di Alfred Nobel) per bombardamento del curio con carboioni; nel 1961 il **laurenzio** (in onore di Ernest Lawrence) bombardando il californio con boroioni. Con la sintesi del laurenzio (n. 103) veniva completata la serie degli attinoidi.

***Gruppo 18** (*gas nobili*). Non previsto da Mendeleev, comprende sei elementi costituiti da atomi e non da molecole come gli altri gas. La particolare stabilità dei gas nobili è dovuta alla configurazione periferica s^2p^4 completa di otto elettroni. I gas nobili più leggeri possiedono alti valori dell'energia di prima ionizzazione; l'energia di prima ionizzazione dei gas nobili più pesanti non è eccezionalmente alta rispetto a quella degli altri elementi; così ad esempio, per lo xeno è inferiore a quella dell'ossigeno e questo spiega la possibilità di ottenere composti (es: XeF_2 , $XeOF_4$, H_2XeO_4) dei gas nobili attraverso reazioni credute impossibili fino al 1962.

R. E' vero che l'elio è stato scoperto prima nel Sole e poi sulla Terra?

Sì, nel 1868, dagli astronomi Pierre Jules César Janssen, francese e Joseph Norman Lockyer, inglese, durante una eclissi. La comparsa, nello spettro solare, di una linea gialla non prodotta da nessun elemento allora conosciuto, fu la prova dell'esistenza di un nuovo elemento, poi chiamato elio, da Helios, Sole. Dopo tredici anni, G. Palmieri osservò la stessa linea nello spettro dell'elio di una fumarola del Vesuvio.

L'atmosfera terrestre contiene poco più dello 0,0005 % di elio. In commercio proviene quasi totalmente dagli Stati Uniti, dove si riscontra in alcuni gas naturali in quantità tale da rendere economicamente possibile l'estrazione.

R. E' possibile conoscere in anticipo se i palloncini per bambini sono gonfiati con elio o con idrogeno?

D. L'uso dell'idrogeno per gonfiare i palloncini, per il pericolo di esplosione, è vietato dalla legislazione italiana (DM 31.7.79) ma l'elio, il gas più leggero dopo l'idrogeno e non infiammabile, è molto costoso. Quando i palloncini sono gonfiati «sul campo», è facile scoprire se viene usato idrogeno da persone senza scrupoli: le bombole di idrogeno sono

contraddistinte, sull'ogiva, da una fascia rossa mentre quelle di elio da una fascia marrone.

Due perle trovate in un quotidiano: «I palloncini sono gonfiati con elio, gas infiammabile ma non esplosivo» (2.1.1995). «I ladri hanno usato una lancia termica alimentata con elio e ossigeno». (29.4.1997).

Tab. 10/19. Gruppo 18 (gas nobili).

elemento	Z	m.a.r.	d (g/dm ³)	t° fus. (°C)	t° eb. (°C)	H° i (kJ/mol)	conf. perif.
elio	He	2	4,003	0,15	- 270	- 269	2379 1s ²
neo	Ne	10	20,18	1,20	- 249	- 246	2087 ...2s ² 2p ⁶
argo	Ar	18	39,95	1,40	- 189	- 186	1527 ...3s ² 3p ⁶
cripto	Kr	36	83,80	2,16	- 157	- 152	1357 ...4s ² 4p ⁶
xeno	Xe	54	131,30	3,5	- 112	- 108	1177 ...5s ² 5p ⁶
rado	Rn	86	(222)	4,4	- 71	- 62	1043 ...6s ² 6p ⁶

■ **Elio.** E' il gas più leggero dopo l'idrogeno ($d = 0,178$ g/l; è circa 7 volte più leggero dell'aria). La prima indicazione (1785) della esistenza dei gas nobili è dovuta all'inglese Henry Cavendish, il quale riconobbe di «essere totalmente incapace di eliminare per via chimica un piccolo residuo, meno di 1/20 del totale, da vari campioni di aria». Gli altri gas nobili neo, argo, cripto e xeno furono scoperti dagli inglesi lord Rayleigh e William Ramsay.

Il **neo** (cioè nuovo) e l' **argo** (dal gr. *argón*, pigro) sono presenti nell'aria, da cui si ricavano durante la separazione dell'azoto dall'ossigeno nella distillazione dell'aria liquida, e si usano nelle lampade fluorescenti. L'argo trova applicazione anche come gas inerte nella saldatura dei metalli.

Il **cripto** (dal gr. *kriptón*, nascosto) e lo **xeno** (dal gr. *xénos*, straniero) sono presenti in tracce nell'aria e non trovano applicazione date le difficoltà e i costi di estrazione.