

Programma del Corso di Chimica Generale II (6CFU)

Corso di Laurea Specialistica in Farmacia

Prof. F. Punzo

Piano Terra Dipartimento di Scienze Chimiche

<http://www.dsf.unict.it/docenti/francesco.punzo>

Obiettivo del corso:

Trattare gli aspetti fondamentali della Chimica Generale ed Inorganica con particolare attenzione alle proprietà chimiche dei principali elementi di transizione del blocco d, sulla struttura e reattività dei loro complessi di coordinazione e del loro ruolo in sistemi biologici, allo scopo di facilitare la comprensione di tematiche connesse e sviluppate in altri corsi del Corso di Laurea.

La chimica di coordinazione

Configurazione elettronica degli elementi di transizione. Energia di scambio. Struttura dei composti di coordinazione. Nomenclatura. Legame di coordinazione. Numero di coordinazione e geometrie di coordinazione. Teorie del campo cristallino e del campo dei leganti. La serie spettrochimica.

Cinetica Chimica

Velocità e ordine di reazione. Energia di attivazione e complesso attivato. Parametri che influenzano la velocità di reazione. Equazione di Arrhenius. Catalizzatori.

Reattività dei composti di coordinazione

Reazioni di sostituzione e di trasferimento elettronico.

Termodinamica chimica

Sistema termodinamico e ambiente. Funzioni di stato. 1° principio, energia interna, entalpia, calore di reazione. Entropia e secondo principio. Trasformazioni reversibili ed irreversibili. Terzo principio. Energia libera di Gibbs.

Uso terapeutico dei composti di coordinazione

Terapia della chelazione. Composti di coordinazione come agenti chemoterapici e fotochemoterapici

Metalli nei sistemi biologici

Composizione media degli elementi nel corpo umano. Elementi essenziali. Funzioni biologiche degli elementi inorganici e classificazione delle metallo-biomolecole

Bioleganti: peptidi (proteine), leganti tetrapirrolici, nucleobasi, nucleotidi ed acidi nucleici (DNA, RNA)

Proprietà molecolari e chimiche dell'ossigeno

L'ossigeno come legante, come accettore di energia e come accettore di elettroni

Ferro

Fe-proteine con Fe di tipo Eme: Emoglobina, Mioglobina, Citocromo C, Citocromo P450, Perossidasi, Catalasi

Fe-proteine con Fe non Eme. Trasferimento di ossigeno: emeritrina

Proteine Fe-S e sistemi modello

Proteine di immagazzinamento e di trasporto: transferina, ferritina ed emosiderina

Siderofori

Rame

Cu-proteine. Funzioni e tipi. Centri rame I, II e III

Emocianina, Tirosinasi, Superossido dismutasi

Cobalto

Tipi di cobalammine: vitamina B12, coenzima B12. Reazioni delle cobalammine: alchilazione, ox-red.

Attività mutasi del coenzima B12

Zinco

Zn-proteine

Enzimi di idrolisi: carboanidrasi e carbossipeptidasi

Nichel

Ni-enzimi: ureasi e coenzima F430

Testi

1. *M. Schiavello, L. Palmisano* – **Fondamenti di Chimica** (EdiSES)
2. *W. Kaim, B. Schwederski, A. Klein* – **Bioinorganic Chemistry Inorganic Elements in the Chemistry of Life An Introduction and Guide** (Wiley)
3. *G.L. Miessler, D.A. Tarr* – **Chimica Inorganica** (Piccin)
4. *S.J. Lippard, J.M. Berg* – **Principles of Bioinorganic Chemistry** (University Science Books)



CHIMICA GENERALE ED INORGANICA II

CHIM/03 - 6 CFU - 2° semestre

Docente titolare dell'insegnamento

FRANCESCO PUNZO

Email: fpunzo@unict.it

Edificio / Indirizzo: Dipartimento di Scienze Chimiche

Telefono: 0957385060

Orario ricevimento: <http://www.dsf.unict.it/docenti/francesco.punzo>

OBIETTIVI FORMATIVI

Il corso approfondisce alcune tematiche del propedeutico corso di Chimica Generale I. Particolare attenzione è rivolta allo studio delle proprietà chimiche dei principali elementi di transizione del blocco d, della struttura e reattività dei loro complessi di coordinazione così come del loro ruolo nei sistemi biologici. Ciò allo scopo di facilitare la comprensione di tematiche connesse e sviluppate in altri insegnamenti del Corso di Laurea.

MODALITÀ DI SVOLGIMENTO DELL'INSEGNAMENTO

Lezioni frontali

PREREQUISITI RICHIESTI

Conoscenza della Chimica Generale I

FREQUENZA LEZIONI

Obbligatoria (come da regolamento didattico)

Modalità esami: prova scritta

VERIFICA DELL'APPRENDIMENTO

MODALITÀ DI VERIFICA DELL'APPRENDIMENTO

Gli studenti dovranno sostenere una prova scritta per svolgere la quale avranno a disposizione 90 minuti di tempo. La prova consiste nella risoluzione di 5 esercizi numerici. Lo svolgimento completo di un esercizio garantisce 6 punti, per un massimo di $5 \times 6 = 30$ punti. Non è prevista una successiva prova orale.

Per sostenere la prova scritta gli studenti, dopo essersi registrati per via telematica, dovranno presentarsi muniti di un valido documento di identità. Durante la prova è possibile consultare la tavola periodica e, ovviamente, usare la calcolatrice scientifica, mentre è assolutamente proibito l'uso del cellulare, che dovrà pertanto essere spento.

ESEMPI DI DOMANDE E/O ESERCIZI FREQUENTI

Configurazioni elettroniche di complessi metallici

Fattori che influenzano la velocità delle reazioni

Meccanismi di reazione in complessi metallici

Proprietà dell'ossigeno

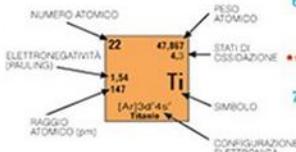
Bioleganti e uso terapeutico dei composti di coordinazione

Metallo proteine

Enzimi e loro ciclo di funzionamento

TAVOLA PERIODICA E ALCUNE PROPRIETÀ DEGLI ELEMENTI

Secondo la International Union of Pure and Applied Chemistry (IUPAC)



NOTE:
Colore del fondo: **Giallo** = blocco s., **Arancione** = blocco d., **Celeste** = blocco p., **Verde** = blocco m.
La linea in neretto indica la separazione tra metalli (a sinistra) e non metalli (a destra);
alcuni elementi toccati dalla linea hanno proprietà intermedie.

SERIE
DEI
LANTANIDI

SERIE
DEGLI
ATTINIDI

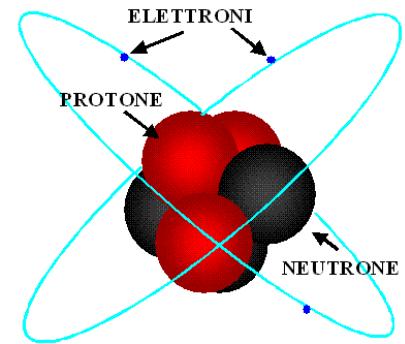
L'atomo

- Particelle subatomiche

elettroni (carica negativa)

protoni (carica positiva, massa 1800 volte maggiore degli elettroni)

neutroni (privi di carica, massa analoga ai protoni)



- numero di massa (A) : somma del n° (protoni + neutroni)
- numero atomico (Z) : n° di protoni nel nucleo

$A_Z X$

Numero di neutroni?

$$_{\text{Z}}^{\text{A}} \text{X}$$

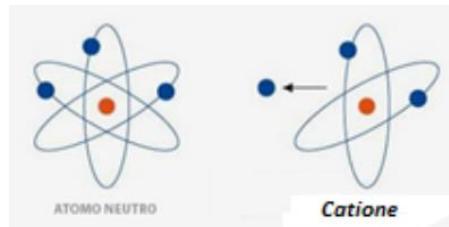
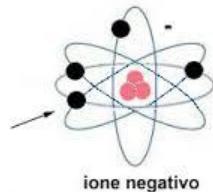
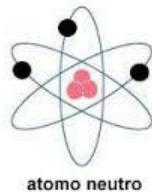
isotopi nuclidi di un medesimo elemento chimico (stesso numero protoni Z) che differiscono per il numero dei neutroni **N**

$_{\text{1}}^{\text{1}} \text{H}$ (Pròzio)

$_{\text{1}}^{\text{2}} \text{H}$ (Deuterio)

$_{\text{1}}^{\text{3}} \text{H}$ (Trizio)

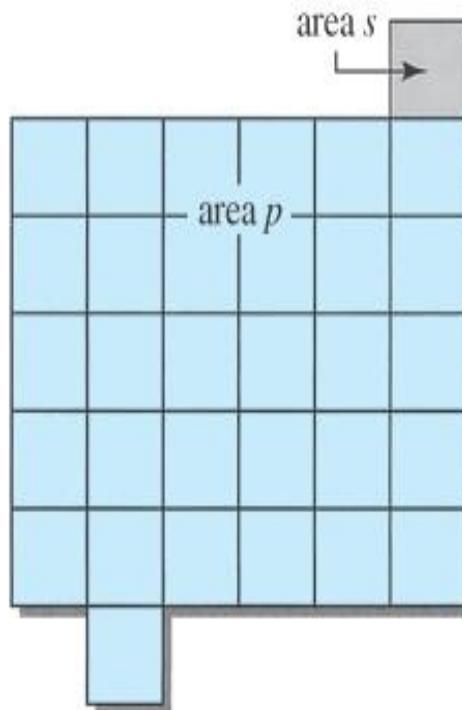
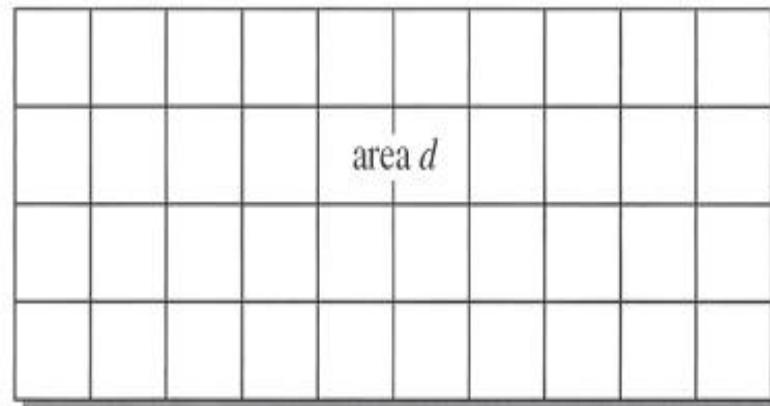
ioni



La Tabella Periodica degli Elementi

Elementi rappresentativi		Elementi di transizione										Elementi rappresentativi			
1	IA											18	0		
1	1 H	2 IIA											2 He		
2	3 Li	4 Be											10 Ne		
3	11 Na	12 Mg	3 IIIA	4 IVA	5 VA	6 VIA	7 VIIA	8	9 VIII	10	11 IB	12 IIB	5 B		
4	19 K	20 Ca	21 Sc	22 Ti	23 V	24 Cr	25 Mn	26 Fe	27 Co	28 Ni	29 Cu	30 Zn	6 C		
5	37 Rb	38 Sr	39 Y	40 Zr	41 Nb	42 Mo	43 Tc	44 Ru	45 Rh	46 Pd	47 Ag	48 Cd	7 N		
6	55 Cs	56 Ba	57 La*	72 Hf	73 Ta	74 W	75 Re	76 Os	77 Ir	78 Pt	79 Au	80 Hg	8 Ar		
7	87 Fr	88 Ra	89 Ac**	104 Unq	105 Unp	106 Unh	107 Uns	108	109 Une	110	111	Elementi di transizione interna			
		<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;"> Metallici Non metallici Anfoteri </div> <div style="text-align: center;"> *Lantanidi **Attinidi </div> </div>													
		58 Ce	59 Pr	60 Nd	61 Pm	62 Sm	63 Eu	64 Gd	65 Tb	66 Dy	67 Ho	68 Er	69 Tm	70 Yb	71 Lu
		90 Th	91 Pa	92 U	93 Np	94 Pu	95 Am	96 Cm	97 Bk	98 Cf	99 Es	100 Fm	101 Md	102 No	103 Lr

I quattro blocchi della tabella periodica



$$n = 1, 2, 3, \dots, \infty$$

$$l = 0, 1, 2, \dots, (n-1)$$

$$m = -l, -(l-1), -(l-2), \dots, 0, \dots, +(l-2), +(l-1), +l$$

$$m_s = -\frac{1}{2}, +\frac{1}{2}$$

n	l	I		II		III
		m	m_s	$e_{100\frac{1}{2}}$	$e_{100-\frac{1}{2}}$	
1	0	0	$\pm \frac{1}{2}$	$e_{100\frac{1}{2}}$	$e_{100-\frac{1}{2}}$	2
2	0	0	$\pm \frac{1}{2}$	$e_{200\frac{1}{2}}$	$e_{200-\frac{1}{2}}$	
	1	-1	$\pm \frac{1}{2}$	$e_{21-1\frac{1}{2}}$	$e_{21-1-\frac{1}{2}}$	
	0	$\pm \frac{1}{2}$	$e_{210\frac{1}{2}}$	$e_{210-\frac{1}{2}}$		
	+1	$\pm \frac{1}{2}$	$e_{211\frac{1}{2}}$	$e_{211-\frac{1}{2}}$		
3	0	0	$\pm \frac{1}{2}$	$e_{300\frac{1}{2}}$	$e_{300-\frac{1}{2}}$	
	1	-1	$\pm \frac{1}{2}$	$e_{31-1\frac{1}{2}}$	$e_{31-1-\frac{1}{2}}$	
	0	$\pm \frac{1}{2}$	$e_{310\frac{1}{2}}$	$e_{310-\frac{1}{2}}$		
	+1	$\pm \frac{1}{2}$	$e_{311\frac{1}{2}}$	$e_{311-\frac{1}{2}}$		
	2	-2	$\pm \frac{1}{2}$	$e_{32-2\frac{1}{2}}$	$e_{32-2-\frac{1}{2}}$	18
		-1	$\pm \frac{1}{2}$	$e_{32-1\frac{1}{2}}$	$e_{32-1-\frac{1}{2}}$	
		0	$\pm \frac{1}{2}$	$e_{320\frac{1}{2}}$	$e_{320-\frac{1}{2}}$	
		+1	$\pm \frac{1}{2}$	$e_{321\frac{1}{2}}$	$e_{321-\frac{1}{2}}$	
		+2	$\pm \frac{1}{2}$	$e_{322\frac{1}{2}}$	$e_{322-\frac{1}{2}}$	

- 1 = 0 orbitali s
- 1 = 1 orbitali p
- 1 = 2 orbitali d
- 1 = 3 orbitali f

I) Valori dei numeri quantici: principale (n), angolare (l), magnetico (m), di spin (m_s).

II) Stati possibili per l'elettrone (ad es. $e_{320\frac{1}{2}}$ rappresenta l'elettrone caratterizzato dai numeri quantici $n = 3; l = 2; m = 0; m_s = 1/2$: si legge «e, tre, due, zero, un mezzo»).

III) Numero massimo ($2n^2$) degli elettroni che possono esistere nei livelli $n = 1, n = 2, n = 3$.

Elementi rappresentativi

1	H
3	4
Li	Be
11	12
Na	Mg
19	20
K	Ca
37	38
Rb	Sr
55	56
Cs	Ba
87	88
Fr	Ra

5	6	7	8	9
B	C	N	O	F
13	14	15	16	17
Al	Si	P	S	Cl
31	32	33	34	35
Ga	Ge	As	Se	Br
49	50	51	52	53
In	Sn	Sb	Te	I
81	82	83	84	85
Tl	Pb	Bi	Po	At
114				
-				

Elementi di transizione

21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn
39	40	41	42	43	44	45	46	47	48
Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd
57	72	73	74	75	76	77	78	79	80
La	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg
89	104	105	106	107	108	109	110	111	112
Ac	Rf	Db	Sg	Bh	Hs	Mt	Ds	-	-

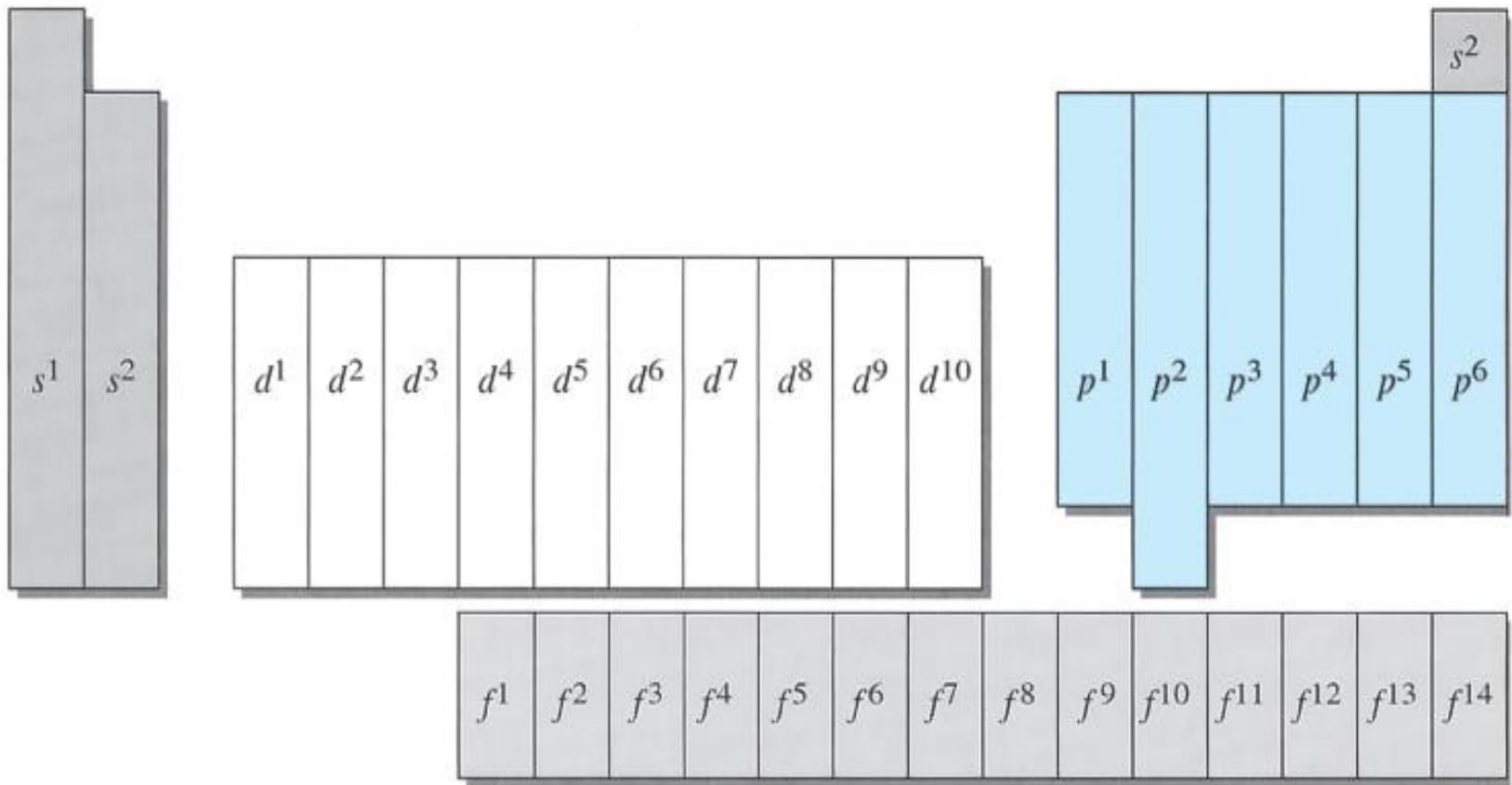
Elementi di transizione interna

58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71
Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu
90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103
Th	Pa	U	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Md	No	Lr

Gas nobili

2	He
10	Ne
18	Ar
36	Kr
54	Xe
86	Rn

Configurazioni elettroniche



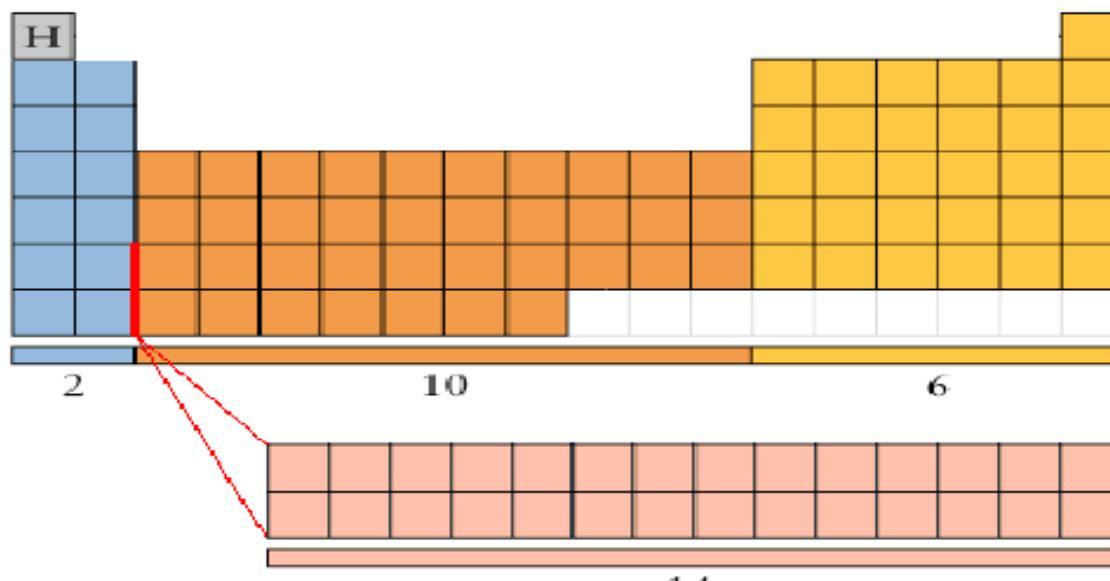
Periodicità delle proprietà

Le proprietà degli elementi mostrano una sorprendente periodicità.

- Dimensioni degli atomi
- energia di ionizzazione
- affinità elettronica
- elettronegatività.

Energia di ionizzazione
Affinità elettronica
Elettronegatività

Proprietà periodiche



Raggio atomico
Carattere metallico



Gli elementi **detti di transizione** sono sistemati tra il gruppo II e il gruppo III e sono caratterizzati dalla **configurazione elettronica esterna $s^2 d^x$ (con x compreso tra 1 e 10)**.

Presentano nella loro configurazione anche gli orbitali d, che vengono completati man mano che negli elementi cresce il numero atomico.

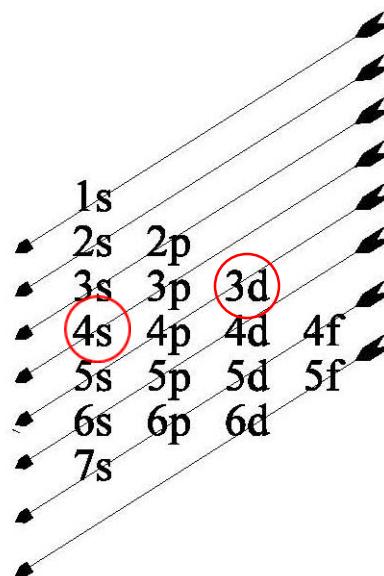
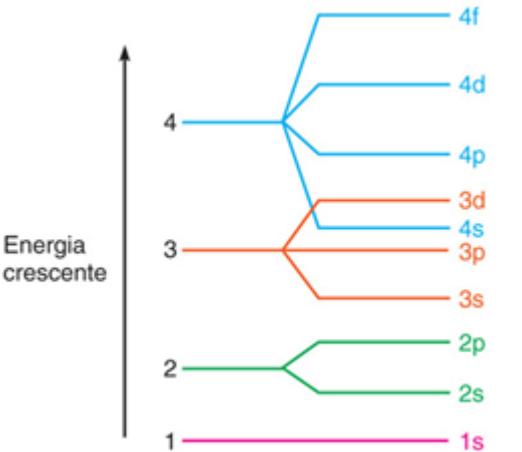
Sono elementi metallici e, ad eccezione del mercurio che è liquido, sono tutti solidi a temperatura ambiente

Gli elementi del blocco d

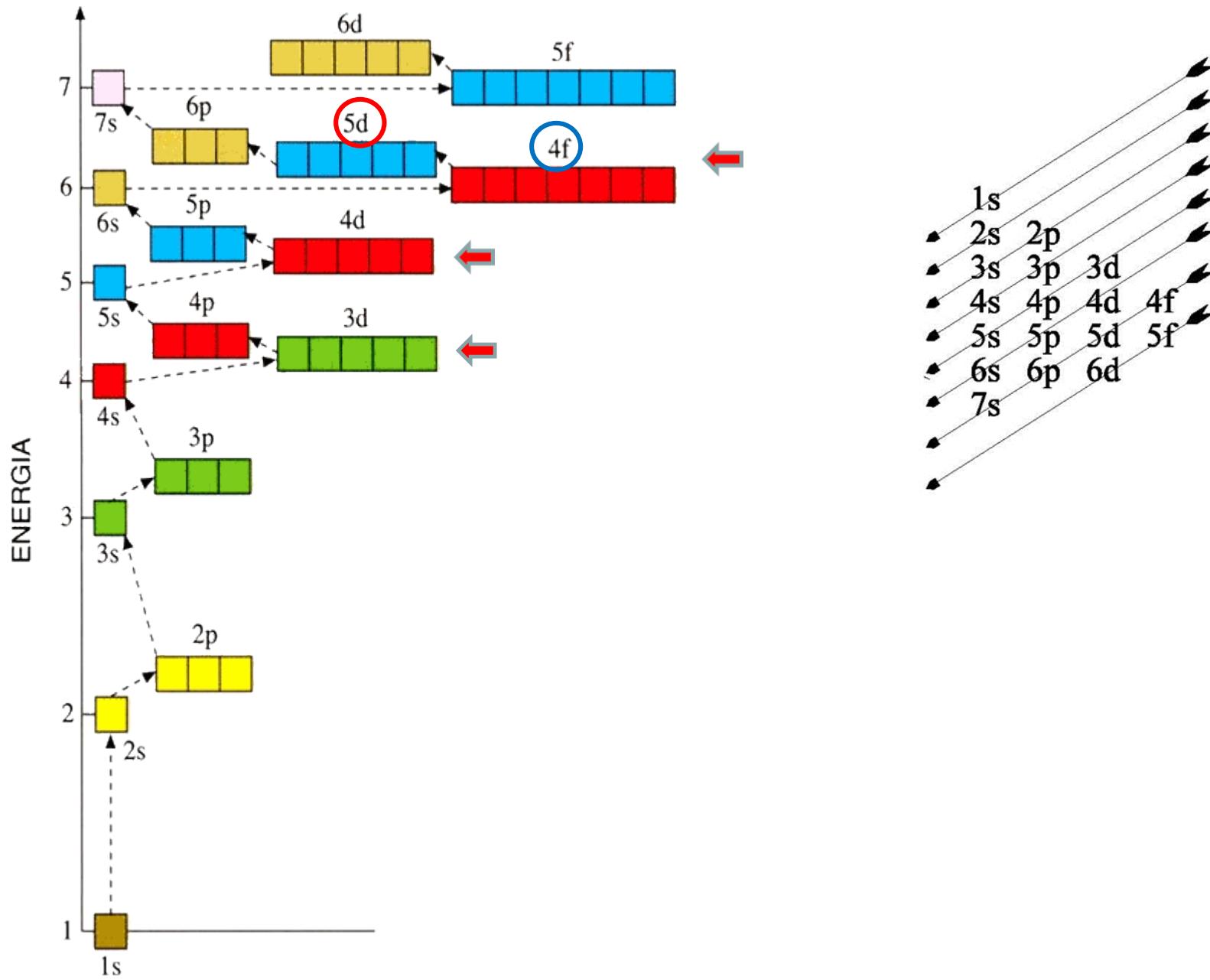
- sono metalli di transizione
- Quelli a destra, rame e oro, sono meno reattivi.
- Le proprietà sono
 - intermedie, o di transizione, tra quelle degli elementi del blocco s e quelle degli elementi del blocco p; da qui l'origine del loro nome comune, **«metalli di transizione»**.
- molti di essi possono formare più cationi di carica differente.

Il ferro, forma ioni ferro(II) e ferro (III),
rame forma ioni rame(I) e rame(II),

H	1s ₁
He	1s ₂
Li	1s ₂ 2s ₁
Be	1s ₂ 2s ₂
B	1s ₂ 2s ₂ 2p ₁
C	1s ₂ 2s ₂ 2p ₂
N	1s ₂ 2s ₂ 2p ₃
O	1s ₂ 2s ₂ 2p ₄
F	1s ₂ 2s ₂ 2p ₅
Ne	1s ₂ 2s ₂ 2p ₆ ← ottetto
Na	1s ₂ 2s ₂ 2p ₆ 3s ₁
Mg	1s ₂ 2s ₂ 2p ₆ 3s ₂
Al	1s ₂ 2s ₂ 2p ₆ 3s ₂ 3p ₁
Si	1s ₂ 2s ₂ 2p ₆ 3s ₂ 3p ₂
P	1s ₂ 2s ₂ 2p ₆ 3s ₂ 3p ₃
S	1s ₂ 2s ₂ 2p ₆ 3s ₂ 3p ₄
Cl	1s ₂ 2s ₂ 2p ₆ 3s ₂ 3p ₅
Ar	1s ₂ 2s ₂ 2p ₆ 3s ₂ 3p ₆ ← ottetto

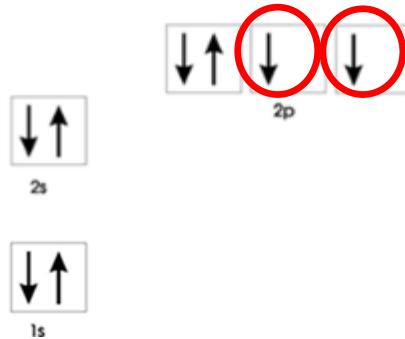


- Regola dell' "ottetto" → gas "nobili"
- Ar [Ne] 3s²3p⁶ → periodicità
- Kr [Ar] 3d¹⁰4s²4p⁶ → periodicità



repulsione interelettronica

- Ossigeno: $1s^2 2s^2 2p^4$



nel completamento di orbitali isoenergetici gli elettroni occupano il maggior numero possibile di orbitali vuoti (**regola di Hund**)

una coppia di elettroni con spin paralleli in orbitali separati subisce minore repulsione di elettroni con spin antiparalleli (**interpretazione regola di Hund**)

elettroni a spin paralleli occupano un maggiore volume e quindi sperimentano una **minore repulsione**

Il guadagno derivante da questa situazione si misura attraverso il parametro **K** definito **energia di coppia elettronica**

Il valore di **K** varia in funzione di:

- atomo
- carica
- tipo di orbitale

Configurazioni elettroniche differenti hanno diversa energia di scambio

Più alto il valore di **K** → più stabile il sistema

Numero atomico	24
Simbolo atomico	Cr
Nome dell'elemento	Cromo
Peso atomico	51,996
[Ar] 3d ⁵ 4s ¹	
Configurazione elettronica	

la configurazione di valenza $3d^5 4s^1$ è più stabile di $3d^4 4s^2$

Energia di scambio = n° coppie (a spin parallelo) x energia di coppia elettronica

Calcolo numero coppie elettroniche con spin parallelo

config. p³



1:2 ; 1;3 ; 2:3

3

n° elettroni

3

n° coppie



1:2

2

n° elettroni

1

n° coppie

$$\text{coppie di spin paralleli} = N(N-1)/2$$

config. d⁷



up

1:2 ; 1;3 ; 1:4; 1:5; 2:3; 2:4; 2:5; 3:4; 3:5;
4:5

down 1:2

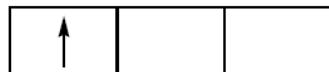
?

N elettroni con spin parallelo (m_s)

coppie di spin paralleli = $N(N-1)/2$

Energia di scambio: numero di coppie di elettroni con spin paralleli x energia di una coppia (K)

config. p^1



$S = 1/2$

molteplicità di spin



$N(N-1)/2 = 0$

config. p^3



$S = 3/2$



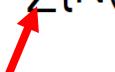
$S = 1/2$

Energia di scambio ($p^1, S = 1/2$) = $\sum\{N(N-1)/2\}K = 0K$

N	$N(N-1)/2$	En. scambio
3	3	3K
2	1	1K

$3K > 1K$

energia di scambio = $\sum\{N(N-1)/2\}K$



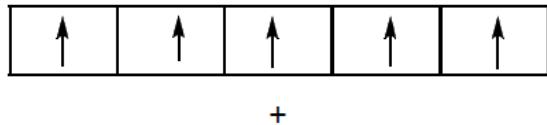
somma dei contributi

la **Regola di Hund** stabilisce che lo stato fondamentale di un atomo è quello con la massima molteplicità di spin ($2S+1$) della configurazione cioè massimo valore di $S \rightarrow$ massima energia di scambio

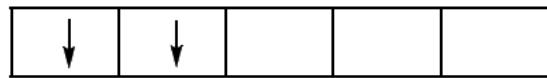
config. d^7



$S = 3/2$



$N(N-1)/2 = 10$



$N(N-1)/2 = 1$

Energia di scambio (d^7 , $S = 3/2$) = $\Sigma\{N(N-1)/2\}K = 11K$

config. d^7



$S = 1/2$



$N(N-1)/2 = 6$



$N(N-1)/2 = 3$

Energia di scambio (d^7 , $S = 1/2$) = $\Sigma\{N(N-1)/2\}K = 9K$

Energia di scambio per ioni d^n

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$N(\uparrow)$	1	2	3	4	5	5	5	5	5	5
$N(\downarrow)$						1	2	3	4	5
Exc/K	0	1	3	6	10	10	11	13	16	20

config. f^9



$$S = 5/2$$



$$N(N-1)/2 = 21$$

+

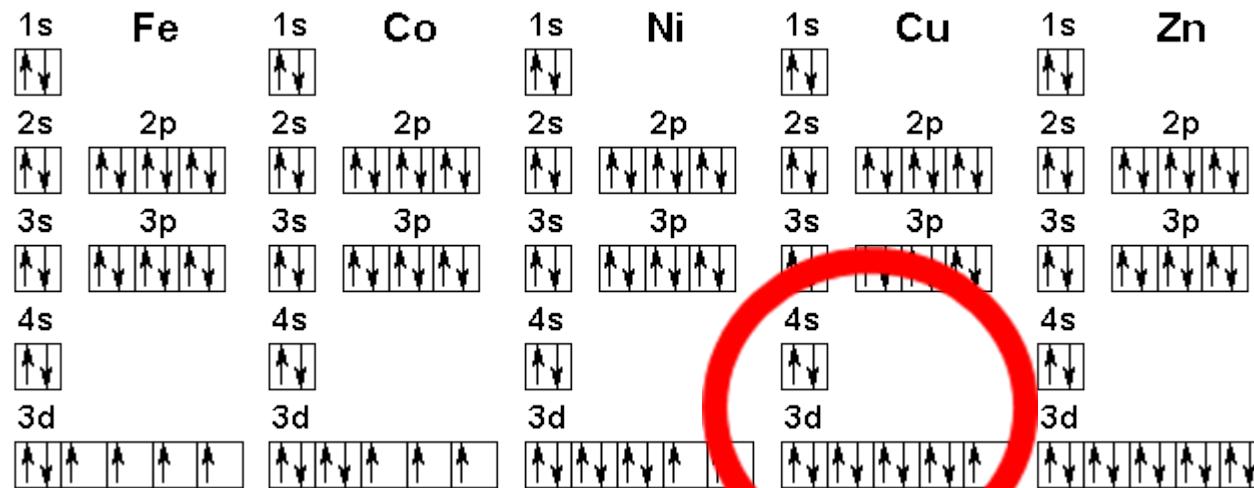
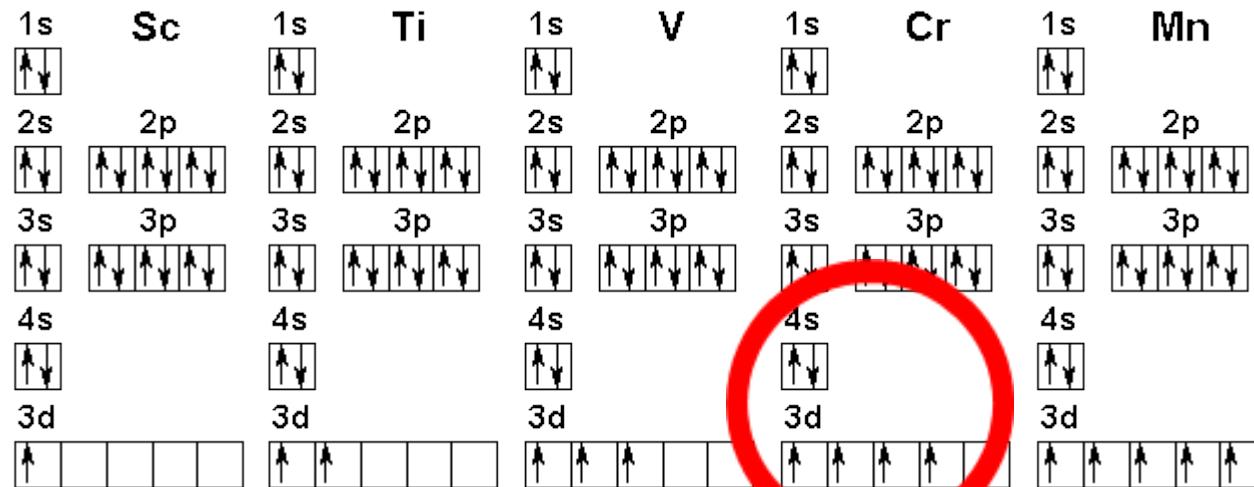


$$N(N-1)/2 = 1$$

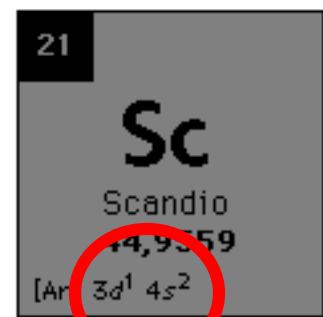
$$\text{Energia di scambio } (f^9 \ S = 5/2) = \sum \{N(N-1)/2\} K = 22K$$

Energia di scambio per ioni f^n

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
N(\uparrow)	1	2	3	4	5	6	7	7	7	7	7	7	7	7
N(\downarrow)							1	2	3	4	5	6	7	
Exc/K	0	1	3	6	10	15	21	21	22	24	27	31	36	42



Numero atomico



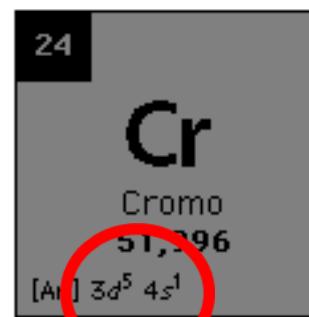
Simbolo atomico

Nome dell'elemento

Peso atomico

Configurazione
elettronica

Numero atomico



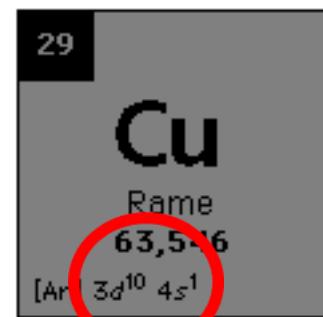
Simbolo atomico

Nome dell'elemento

Peso atomico

Configurazione
elettronica

Numero atomico



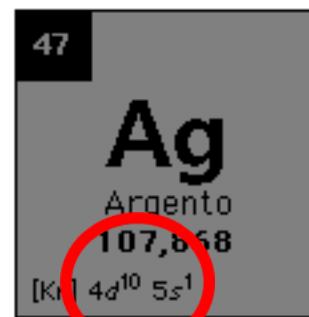
Simbolo atomico

Nome dell'elemento

Peso atomico

Configurazione
elettronica

Numero atomico



Simbolo atomico

Nome dell'elemento

Peso atomico

Configurazione
elettronica

Co-ordination Compounds of the First Row Transition Metals

(Silberberg, Sec 23.4 (22.4) pp 988 (1016) et seq)

Electronic Configurations of Transition Metal Atoms

Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn
s^2d^1	s^2d^2	s^2d^3	s^2d^4	s^2d^5	s^2d^6	s^2d^7	s^2d^8	s^2d^9	s^2d^{10}

Stati di ossidazione dei metalli di transizione del quarto periodo

(I numeri di ossidazione più stabili sono colorati)

Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu
				+7				
			+6	+6	+6			
		+5	+5	+5	+5			
	+4	+4	+4	+4	+4	+4		
+3	+3	+3	+3	+3	+3	+3	+3	+3
	+2	+2	+2	+2	+2	+2	+2	+2
								+1

Numero atomico

30
Zn
Zinco
65,39
[Ar] $3d^{10} 4s^2$

Configurazione elettronica

Gli stati di ossidazione degli elementi del primo periodo di transizione

Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu
				-3				
			-2	-2	-2			
-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	
0	0	0*	0*	0*	0*	0*	0*	
		+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1*
		+2	+2	+2*	+2*	+2*	+2*	+2*
+3*	+3*	+3*	+3*	+3	+3*	+3*	+3	+3
		+4*	+4*	+4	+4*	+4	+4	
			+5*	+5	+5	+5		
				+6*	+6*	+6		
					+7*			

N. B. Sono messi in evidenza gli stati di ossidazione più importanti.

Numero atomico 30	Simbolo atomico Zn	Nome dell'elemento Zinco
		Peso atomico 65,39
		[Ar] $3d^{10} 4s^2$

Configurazione elettronica

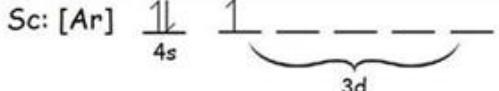
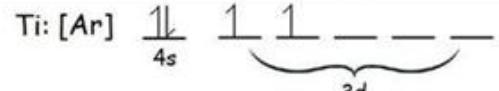
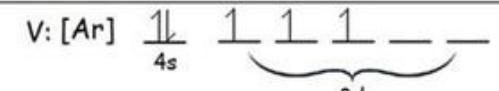
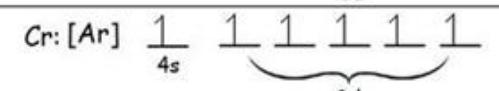
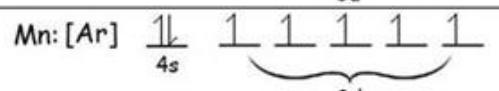
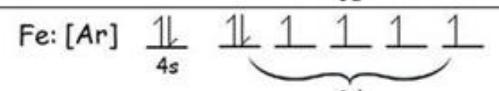
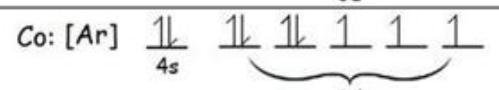
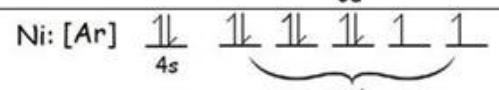
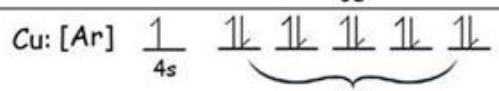
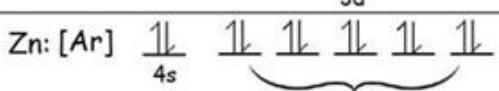
Element Name and Symbol	Atomic Number	Common Oxidation States	Electron Configuration	
Scandium (Sc)	21	+3	Sc: [Ar] 4s ² 3d ¹	Sc: [Ar] 
Titanium (Ti)	22	+4	Ti: [Ar] 4s ² 3d ²	Ti: [Ar] 
Vanadium (V)	23	+2, +3, +4, +5	V: [Ar] 4s ² 3d ³	V: [Ar] 
Chromium (Cr)	24	+2, +3, +6	Cr: [Ar] 4s ¹ 3d ⁵	Cr: [Ar] 
Manganese (Mn)	25	+2, +3, +4, +6, +7	Mn: [Ar] 4s ² 3d ⁵	Mn: [Ar] 
Iron (Fe)	26	+2, +3	Fe: [Ar] 4s ² 3d ⁶	Fe: [Ar] 
Cobalt (Co)	27	+2, +3	Co: [Ar] 4s ² 3d ⁷	Co: [Ar] 
Nickel (Ni)	28	+2	Ni: [Ar] 4s ² 3d ⁸	Ni: [Ar] 
Copper (Cu)	29	+1, +2	Cu: [Ar] 4s ¹ 3d ¹⁰	Cu: [Ar] 
Zinc (Zn)	30	+2	Zn: [Ar] 4s ² 3d ¹⁰	Zn: [Ar] 

TABELLA 19.1 Configurazioni elettroniche e altre proprietà dei metalli di transizione del quarto periodo

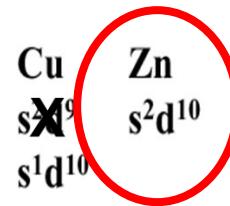
	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu
Configurazione elettronica									
M	$4s^23d^1$	$4s^23d^2$	$4s^23d^3$	$4s^13d^5$	$4s^23d^5$	$4s^23d^6$	$4s^23d^7$	$4s^23d^8$	$4s^13d^{10}$
M ²⁺	–	$3d^2$	$3d^3$	$3d^4$	$3d^5$	$3d^6$	$3d^7$	$3d^8$	$3d^9$
M ³⁺	[Ar]	$3d^1$	$3d^2$	$3d^3$	$3d^4$	$3d^5$	$3d^6$	$3d^7$	$3d^8$
Energia di ionizzazione (kJ/mol)									
Prima	631	658	650	652	717	759	760	736	745
Seconda	1235	1309	1413	1591	1509	1561	1645	1751	1958
Terza	2389	2650	2828	2986	3250	2956	3231	3393	3578
Raggio (pm)									
M	162	147	134	130	135	126	125	124	128
M ²⁺	–	90	88	85	80	77	75	69	72
M ³⁺	81	77	74	64	66	60	64	–	–
Potenziale standard di riduzione (V)*	–2.08	–1.63	–1.2	–0.74	–1.18	–0.44	–0.28	–0.25	0.34

Co-ordination Compounds of the First Row Transition Metals

(Silberberg, Sec 23.4 (22.4) pp 988 (1016) et seq)

Electronic Configurations of Transition Metal Atoms

Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn
s^2d^1	s^2d^2	s^2d^3	s^2d^4	s^2d^5	s^2d^6	s^2d^7	s^2d^8	s^2d^9	s^2d^{10}



Gli stati di ossidazione degli elementi del primo periodo di transizione

Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu
				−3				
			−2	−2	−2			
−1	−1	−1	−1	−1	−1	−1	−1	
0	0	0*	0*	0*	0*	0*	0*	
		+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1*
		+2	+2*	+2*	+2*	+2*	+2*	+2*
+3*	+3*	+3*	+3*	+3	+3*	+3*	+3	+3
		+4*	+4*	+4	+4	+4	+4	
		+5*	+5	+5	+5			
			+6*	+6*	+6			
				+7*				

N. B. Sono messi in evidenza gli stati di ossidazione più importanti.