

# **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: emeritina

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)



UNIVERSITÀ  
degli STUDI  
di CATANIA

DIPARTIMENTO DI SCIENZE DEL FARMACO  
Corso di laurea magistrale in Farmacia  
Anno accademico 2019/2020 - 2° anno

---

## CHIMICA GENERALE ED INORGANICA II

CHIM/03 - 6 CFU - 2° semestre

### Docente titolare dell'insegnamento

FRANCESCO PUNZO

Email: [fpunzo@unict.it](mailto: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)

## UNITÀ DI MISURA DEL SISTEMA INTERNAZIONALE (SI)

Grandezze fondamentali	nome	simbolo
Lunghezza	metro	m
Massa	chilogrammo	kg
Tempo	secondo	s
Corrente elettrica	ampere	A
Temperatura termodinamica	kelvin	K
Quantità di materia	mole	mol
Intensità luminosa	candela	cd

Grandezze derivate	nome	simbolo	unità di misura
Frequenza	hertz	Hz	s <sup>-1</sup>
Forza	newton	N	kg m s <sup>-2</sup> (J m <sup>-1</sup> )
Pressione	pascal	Pa	kg m <sup>-1</sup> s <sup>-2</sup> (N m <sup>-2</sup> )
Energia, lavoro, calore	joule	J	kg m <sup>2</sup> s <sup>-2</sup> (N m)
Quantità di elettricità, carica elettrica	coulomb	C	kg s <sup>-1</sup> (A s)
Potenziale elettrico, differenza di potenziale, forza elettromotrice	volt	V	kg m <sup>2</sup> s <sup>-2</sup> A <sup>-1</sup> (W A <sup>-1</sup> )

## FATTORI DI CONVERSIONE TRA DIFFERENTI UNITÀ DI MISURA

Energia	J	erg	cal <sup>a</sup>	eV
J	1	10 <sup>7</sup>	0,239006	6,24151·10 <sup>18</sup>
erg	10 <sup>-7</sup>	1	2,39006·10 <sup>-8</sup>	6,24151·10 <sup>11</sup>
cal <sup>a</sup>	4,184	4,184·10 <sup>7</sup>	1	2,61145·10 <sup>19</sup>
eV	1,60218·10 <sup>-19</sup>	1,60218·10 <sup>-12</sup>	3,82930·10 <sup>-21</sup>	1

Energia per quantità di materia	kJ mol <sup>-1</sup>	kcal mol <sup>-1</sup>	eV (per particella)
kJ mol <sup>-1</sup>	1	0,239006	1,03643·10 <sup>-4</sup>
kcal mol <sup>-1</sup>	4,184	1	4,33641·10 <sup>-4</sup>
eV (per particella)	96,4853	23,0605	1

Pressione	Pa (N m <sup>-2</sup> )	atm	torr (mmHg)
Pa (N m <sup>-2</sup> )	1	9,86923·10 <sup>-3</sup>	7,50062·10 <sup>-3</sup>
atm	1,01325·10 <sup>5</sup>	1	760
torr (mmHg)	1,33322·10 <sup>5</sup>	1,31579·10 <sup>-3</sup>	1

<sup>a</sup> Caloria termodinamica (1 cal = 4,18400 J esatti)

## RELAZIONI TRA LE SCALE DI TEMPERATURA TERMODINAMICA (K), CELSIUS (°C) E FAHRENHEIT (°F)

$$T(K) = T(^{\circ}C) + 273,15 = \frac{5}{9} T(^{\circ}F) + 255,37; \quad T(^{\circ}C) = T(K) - 273,15 = \frac{5}{9} [T(^{\circ}F) - 32]; \quad T(^{\circ}F) = 1,8 T(^{\circ}C) + 32 = 1,8 [T(K) - 255,37]$$

GRUPPI		GRUPPI												GRUPPI										GRUPPI									
GRUPPI		GRUPPI												GRUPPI										GRUPPI									
GRUPPI		GRUPPI												GRUPPI										GRUPPI									
GRUPPI		GRUPPI												GRUPPI										GRUPPI									
GRUPPI		GRUPPI												GRUPPI										GRUPPI									
GRUPPI		GRUPPI												GRUPPI										GRUPPI									
GRUPPI		GRUPPI												GRUPPI										GRUPPI									
GRUPPI		GRUPPI												GRUPPI										GRUPPI									
GRUPPI		GRUPPI												GRUPPI										GRUPPI									
GRUPPI		GRUPPI												GRUPPI										GRUPPI									
GRUPPI		GRUPPI												GRUPPI										GRUPPI									
GRUPPI		GRUPPI												GRUPPI										GRUPPI									
GRUPPI		GRUPPI												GRUPPI										GRUPPI									
GRUPPI		GRUPPI												GRUPPI										GRUPPI									
GRUPPI		GRUPPI												GRUPPI										GRUPPI									
GRUPPI		GRUPPI												GRUPPI										GRUPPI									
GRUPPI		GRUPPI												GRUPPI										GRUPPI									
GRUPPI		GRUPPI												GRUPPI										GRUPPI									
GRUPPI		GRUPPI												GRUPPI										GRUPPI									
GRUPPI		GRUPPI												GRUPPI										GRUPPI									
GRUPPI		GRUPPI												GRUPPI										GRUPPI									
GRUPPI		GRUPPI												GRUPPI										GRUPPI									
GRUPPI		GRUPPI												GRUPPI										GRUPPI									
GRUPPI		GRUPPI												GRUPPI										GRUPPI									
GRUPPI		GRUPPI												GRUPPI										GRUPPI									
GRUPPI		GRUPPI												GRUPPI										GRUPPI									
GRUPPI		GRUPPI												GRUPPI										GRUPPI									
GRUPPI		GRUPPI												GRUPPI										GRUPPI									
GRUPPI		GRUPPI												GRUPPI										GRUPPI									
GRUPPI		GRUPPI												GRUPPI										GRUPPI									
GRUPPI		GRUPPI												GRUPPI										GRUPPI									
GRUPPI		GRUPPI												GRUPPI										GRUPPI									
GRUPPI		GRUPPI												GRUPPI										GRUPPI									
GRUPPI		GRUPPI												GRUPPI										GRUPPI									
GRUPPI		GRUPPI												GRUPPI										GRUPPI									
GRUPPI		GRUPPI												GRUPPI										GRUPPI									
GRUPPI		GRUPPI												GRUPPI										GRUPPI									
GRUPPI		GRUPPI												GRUPPI										GRUPPI									
GRUPPI		GRUPPI												GRUPPI										GRUPPI									
GRUPPI		GRUPPI												GRUPPI										GRUPPI									
GRUPPI		GRUPPI												GRUPPI										GRUPPI									
GRUPPI		GRUPPI												GRUPPI										GRUPPI									
GRUPPI		GRUPPI												GRUPPI										GRUPPI									
GRUPPI		GRUPPI												GRUPPI										GRUPPI									
GRUPPI		GRUPPI												GRUPPI										GRUPPI									
GRUPPI		GRUPPI												GRUPPI										GRUPPI									
GRUPPI		GRUPPI												GRUPPI										GRUPPI									
GRUPPI		GRUPPI												GRUPPI										GRUPPI									
GRUPPI		GRUPPI												GRUPPI										GRUPPI									
GRUPPI		GRUPPI												GRUPPI										GRUPPI									
GRUPPI		GRUPPI												GRUPPI										GRUPPI									
GRUPPI		GRUPPI												GRUPPI										GRUPPI									
GRUPPI		GRUPPI												GRUPPI										GRUPPI									
GRUPPI		GRUPPI												GRUPPI										GRUPPI									
GRUPPI		GRUPPI												GRUPPI										GRUPPI									
GRUPPI		GRUPPI												GRUPPI										GRUPPI									
GRUPPI		GRUPPI												GRUPPI										GRUPPI									
GRUPPI		GRUPPI												GRUPPI										GRUPPI									
GRUPPI		GRUPPI												GRUPPI										GRUPPI									
GRUPPI		GRUPPI												GRUPPI										GRUPPI									
GRUPPI		GRUPPI												GRUPPI										GRUPPI									
GRUPPI		GRUPPI												GRUPPI										GRUPPI									
GRUPPI		GRUPPI												GRUPPI										GRUPPI									
GRUPPI		GRUPPI												GRUPPI										GRUPPI									
GRUPPI		GRUPPI												GRUPPI										GRUPPI									
GRUPPI		GRUPPI												GRUPPI										GRUPPI									
GRUPPI		GRUPPI												GRUPPI										GRUPPI									
GRUPPI		GRUPPI												GRUPPI										GRUPPI									
GRUPPI		GRUPPI												GRUPPI										GRUPPI									
GRUPPI		GRUPPI												GRUPPI										GRUPPI									
GRUPPI		GRUPPI												GRUPPI										GRUPPI									
GRUPPI		GRUPPI												GRUPPI										GRUPPI									
GRUPPI		GRUPPI												GRUPPI										GRUPPI									
GRUPPI		GRUPPI												GRUPPI										GRUPPI									
GRUPPI		GRUPPI												GRUPPI										GRUPPI									
GRUPPI		GRUPPI												GRUPPI										GRUPPI									
GRUPPI		GRUPPI												GRUPPI										GRUPPI									
GRUPPI		GRUPPI												GRUPPI										GRUPPI									
GRUPPI		GRUPPI												GRUPPI										GRUPPI									
GRUPPI		GRUPPI												GRUPPI										GRUPPI									
GRUPPI		GRUPPI												GRUPPI										GRUPPI									
GRUPPI		GRUPPI												GRUPPI										GRUPPI									
GRUPPI		GRUPPI												GRUPPI										GRUPPI									
GRUPPI		GRUPPI												GRUPPI										GRUPPI									
GRUPPI		GRUPPI												GRUPPI										GRUPPI									
GRUPPI		GRUPPI												GRUPPI										GRUPPI									
GRUPPI		GRUPPI												GRUPPI										GRUPPI									
GRUPPI		GRUPPI												GRUPPI										GRUPPI									
GRUPPI		GRUPPI												GRUPPI										GRUPPI									
GRUPPI		GRUPPI												GRUPPI										GRUPPI									
GRUPPI		GRUPPI												GRUPPI										GRUPPI									
GRUPPI		GRUPPI												GRUPPI										GRUPPI									
GRUPPI		GRUPPI												GRUPPI										GRUPPI									
GRUPPI		GRUPPI												GRUPPI										GRUPPI									
GRUPPI		GRUPPI												GRUPPI										GRUPPI									
GRUPPI		GRUPPI												GRUPPI										GRUPPI									
GRUPPI		GRUPPI												GRUPPI										GRUPPI									
GR																																	



SERIE DEI LANTANIDI  
SERIE DEGLI ATTINIDI

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

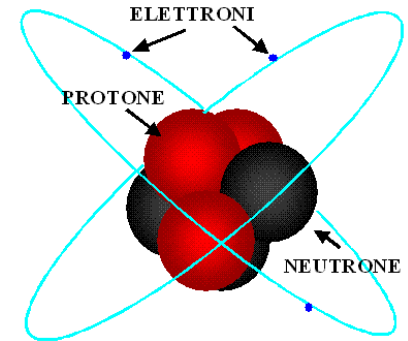
## L'atomo

- Particelle subatomiche

elettroni (carica negativa)

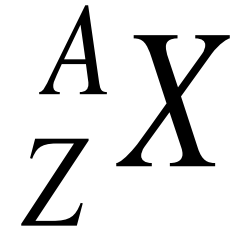
protoni (carica positiva, massa 1800 volte maggiore degli elettroni)

neutroni (privi di carica, massa analoga ai protoni)



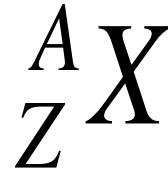
○ numero di massa (A) : somma del n° (protoni + neutroni)

○ numero atomico (Z) : n° di protoni nel nucleo

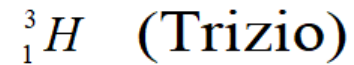
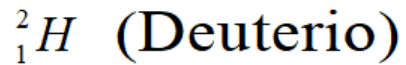
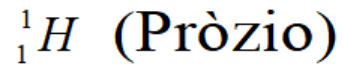


Numero di neutroni?

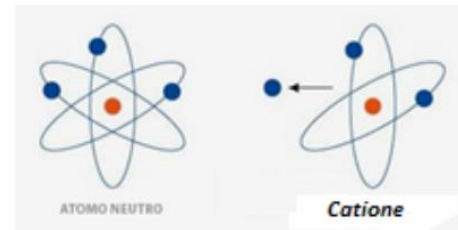
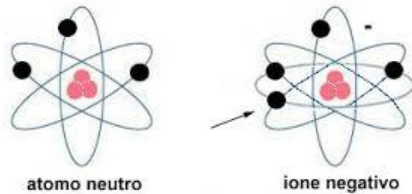




**isotopi** nuclidi di un medesimo elemento chimico (stesso numero protoni  $Z$ ) che differiscono per il numero dei neutroni  $N$



ioni



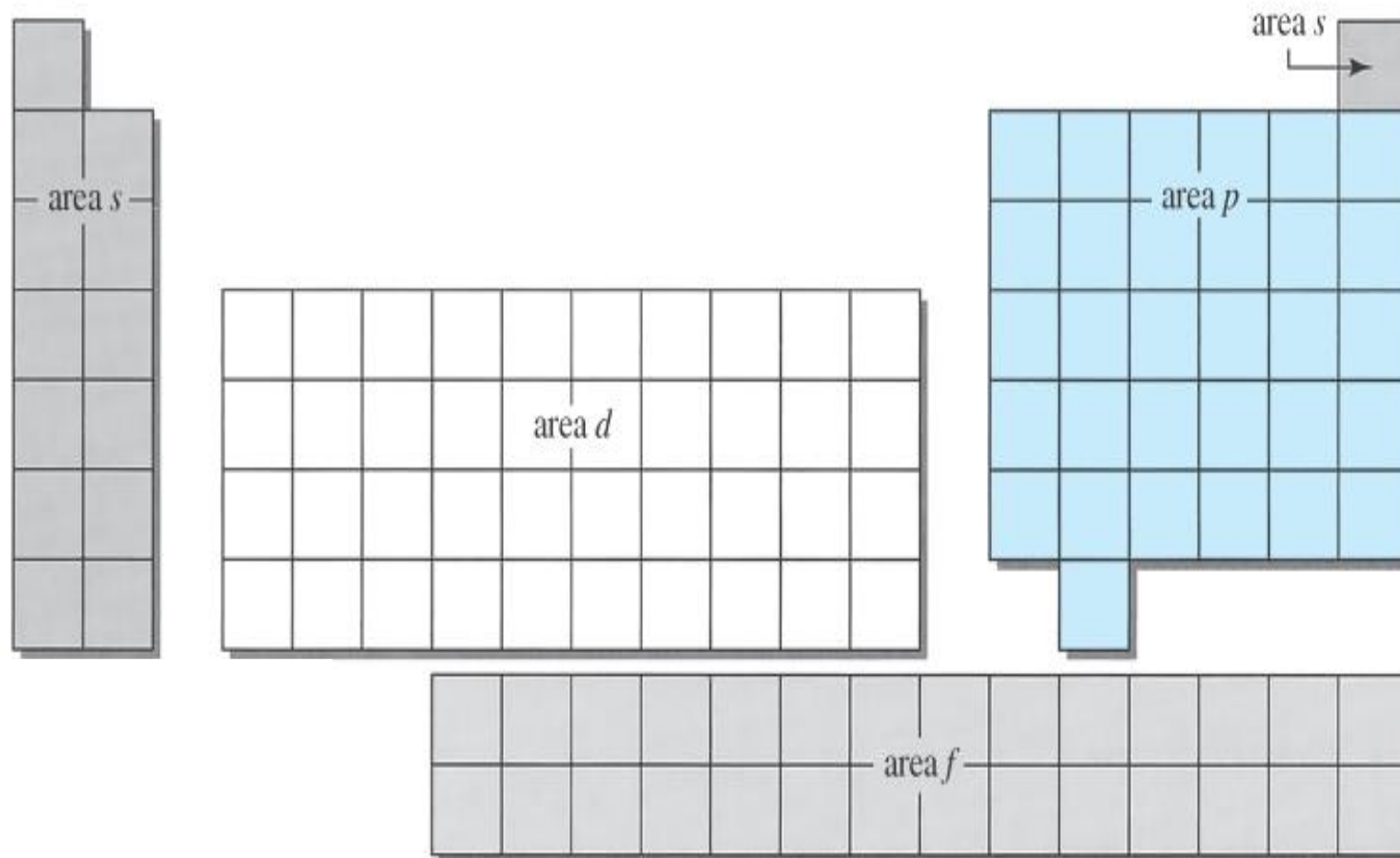
# La Tabella Periodica degli Elementi

Elementi rappresentativi		Elementi di transizione										Elementi rappresentativi					Gas nobili	
1 IA																	18 0	
1	1 H	2 IIA											13 IIIB	14 IVB	15 VB	16 VIB	17 VIIB	2 He
2	3 Li	4 Be											5 B	6 C	7 N	8 O	9 F	10 Ne
3	11 Na	12 Mg	3 IIIA	4 IVA	5 VA	6 VIA	7 VIIA	8 VIII	9 VIII	10 VIII	11 IB	12 IIB	13 Al	14 Si	15 P	16 S	17 Cl	18 Ar
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	31 Ga	32 Ge	33 As	34 Se	35 Br	36 Kr
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	49 In	50 Sn	51 Sb	52 Te	53 I	54 Xe
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	81 Tl	82 Pb	83 Bi	84 Po	85 At	86 Rn
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> <div></div> Metallici         </div> <div> <div></div> Non metallic         </div> <div> <div></div> Anfoteri         </div> <div> <div></div> Gas nobili         </div>	*Lantanidi													
	**Attinidi													
	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



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

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

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

$$m_s = -1/2, +1/2$$

I				II		III
$n$	$l$	$m$	$m_s$			
1	0	0	$\pm 1/2$	$e_{100^{1/2}}$	$e_{100^{-1/2}}$	2
2	0	0	$\pm 1/2$	$e_{200^{1/2}}$	$e_{200^{-1/2}}$	8
		-1	$\pm 1/2$	$e_{21-1^{1/2}}$	$e_{21-1^{-1/2}}$	
	1	0	$\pm 1/2$	$e_{210^{1/2}}$	$e_{210^{-1/2}}$	
		+1	$\pm 1/2$	$e_{211^{1/2}}$	$e_{211^{-1/2}}$	
3	0	0	$\pm 1/2$	$e_{300^{1/2}}$	$e_{300^{-1/2}}$	18
		-1	$\pm 1/2$	$e_{31-1^{1/2}}$	$e_{31-1^{-1/2}}$	
		0	$\pm 1/2$	$e_{310^{1/2}}$	$e_{310^{-1/2}}$	
	1	+1	$\pm 1/2$	$e_{311^{1/2}}$	$e_{311^{-1/2}}$	
		-2	$\pm 1/2$	$e_{32-2^{1/2}}$	$e_{32-2^{-1/2}}$	
		-1	$\pm 1/2$	$e_{32-1^{1/2}}$	$e_{32-1^{-1/2}}$	
	2	0	$\pm 1/2$	$e_{320^{1/2}}$	$e_{320^{-1/2}}$	
		+1	$\pm 1/2$	$e_{321^{1/2}}$	$e_{321^{-1/2}}$	
		+2	$\pm 1/2$	$e_{322^{1/2}}$	$e_{322^{-1/2}}$	

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

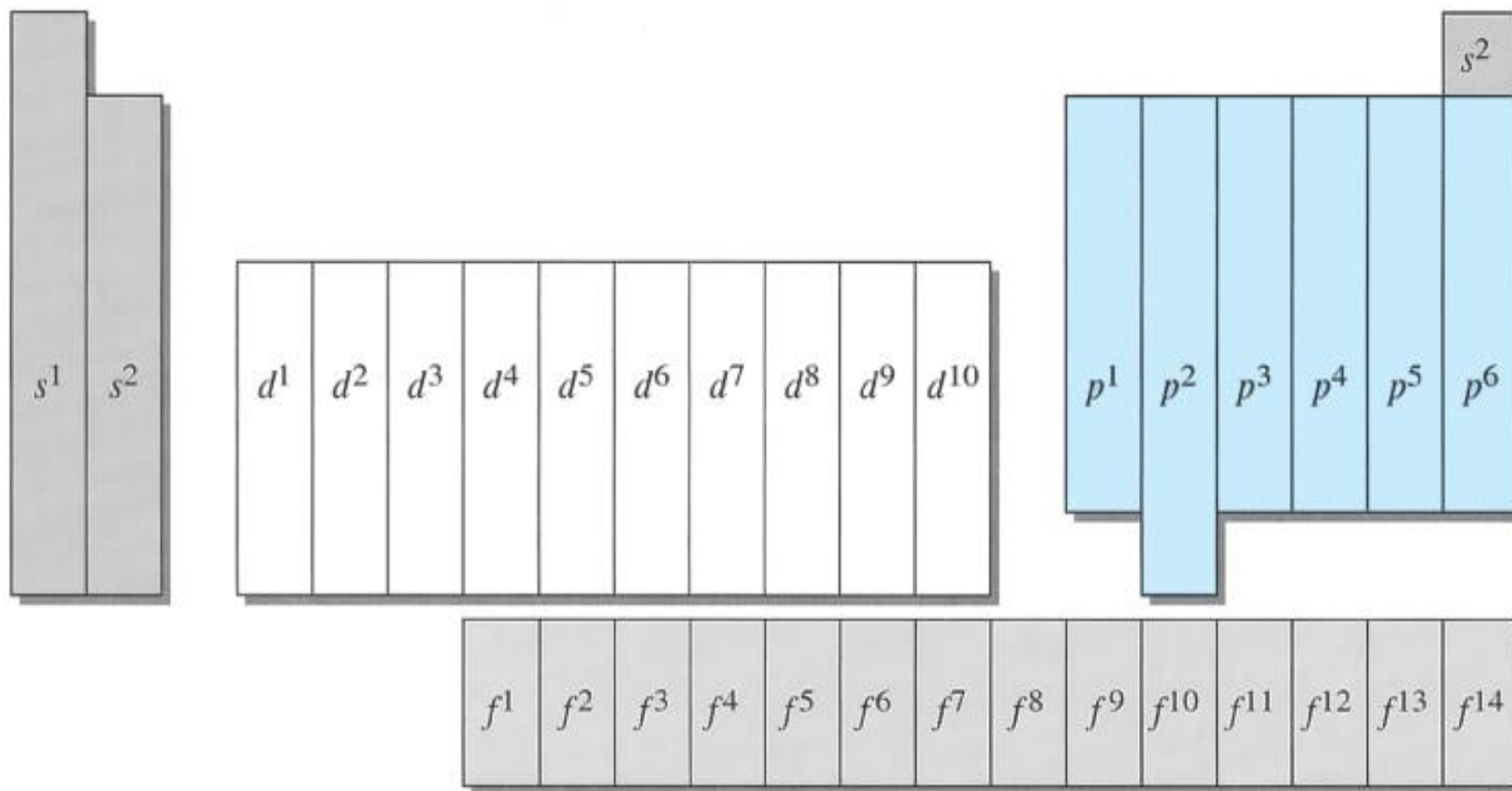
I) Valori dei numeri quantici: principale ( $n$ ), angolare ( $l$ ), magnetico ( $m$ ), di spin ( $m_s$ ).

II) Stati possibili per l'elettrone (ad es.  $e_{320 \ 1/2}$  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  $n = 1$ ,  $n = 2$ ,  $n = 3$ .



# Configurazioni elettroniche



# **Periodicità delle proprietà**

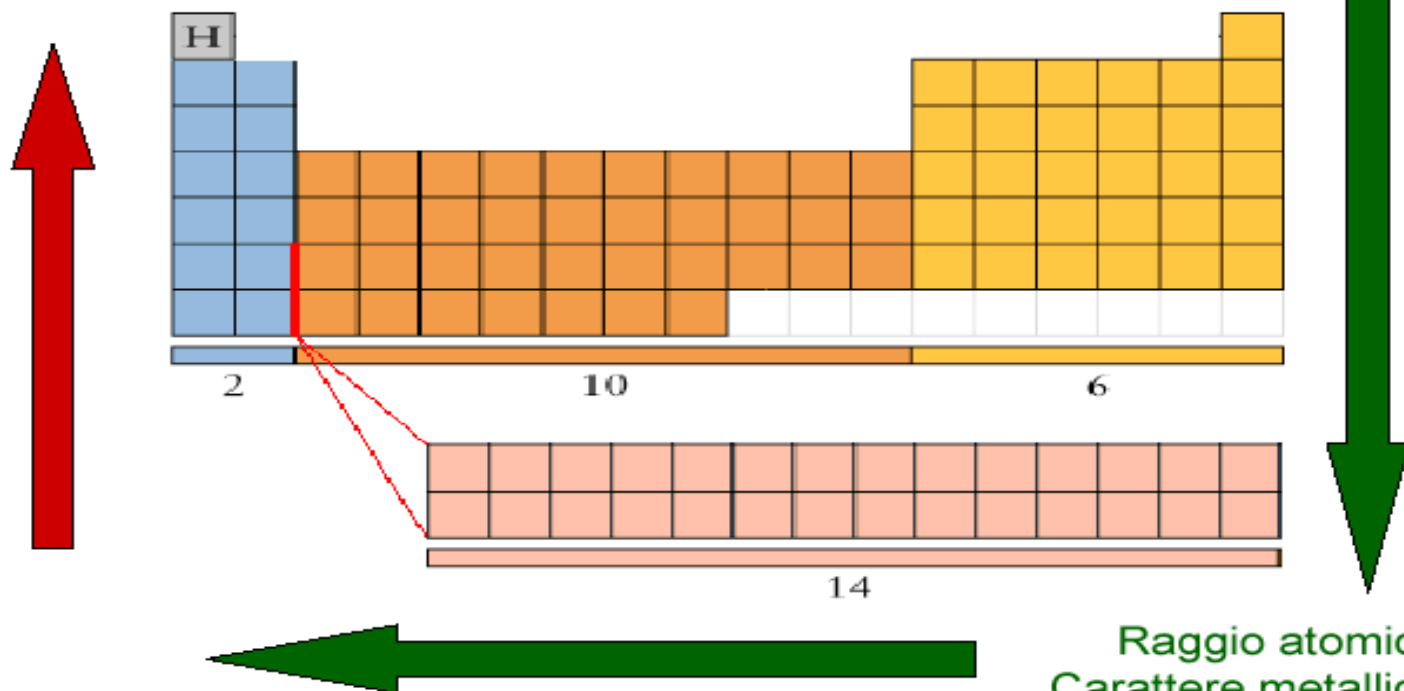
Le proprietà degli elementi mostrano una sorprendente periodicità.

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



Energia di ionizzazione  
Affinità elettronica  
Elettronegatività

Proprietà periodiche



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

Diagramma della tavola periodica che mostra la classificazione degli elementi in base al tipo di orbitali occupati. Gli elementi sono divisi in tre gruppi principali:

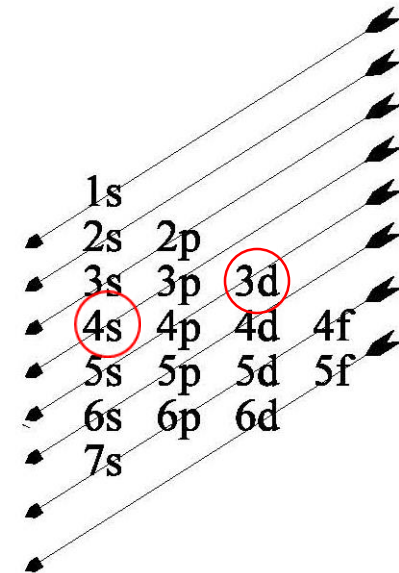
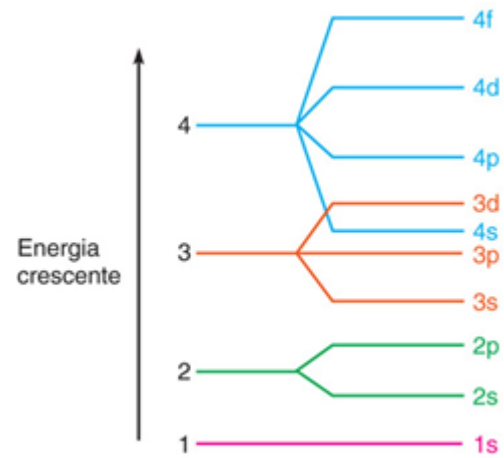
- Elementi rappresentativi:**
  - Gruppo 1 (s orbitali): H, Li, Na, K, Rb, Cs, Fr.
  - Gruppo 2 (s orbitali): Be, Mg, Ca, Sr, Ba, Ra.
  - Gruppi 13-18 (p orbitali): B, C, N, O, F, Ne; Al, Si, P, S, Cl, Ar; Ga, Ge, As, Se, Br, Kr; In, Sn, Sb, Te, I, Xe; Tl, Pb, Bi, Po, At, Rn.
- Elementi di transizione:**
  - Elementi di transizione interna (f orbitali): Ce, Pr, Nd, Pm, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb, Lu; Th, Pa, U, Np, Pu, Am, Cm, Bk, Cf, Es, Fm, Md, No, Lr.
  - Elementi di transizione (d orbitali): Sc, Ti, V, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn; Y, Zr, Nb, Mo, Tc, Ru, Rh, Pd, Ag, Cd; La, Hf, Ta, W, Re, Os, Ir, Pt, Au, Hg; Ac, Rf, Db, Sg, Bh, Hs, Mt, Ds, -.

L'elemento Mercurio (Hg) è evidenziato con un cerchio rosso.

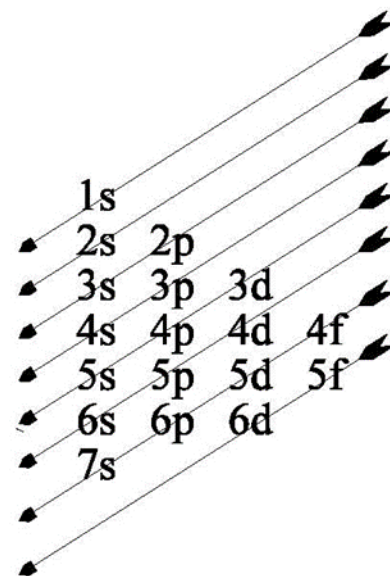
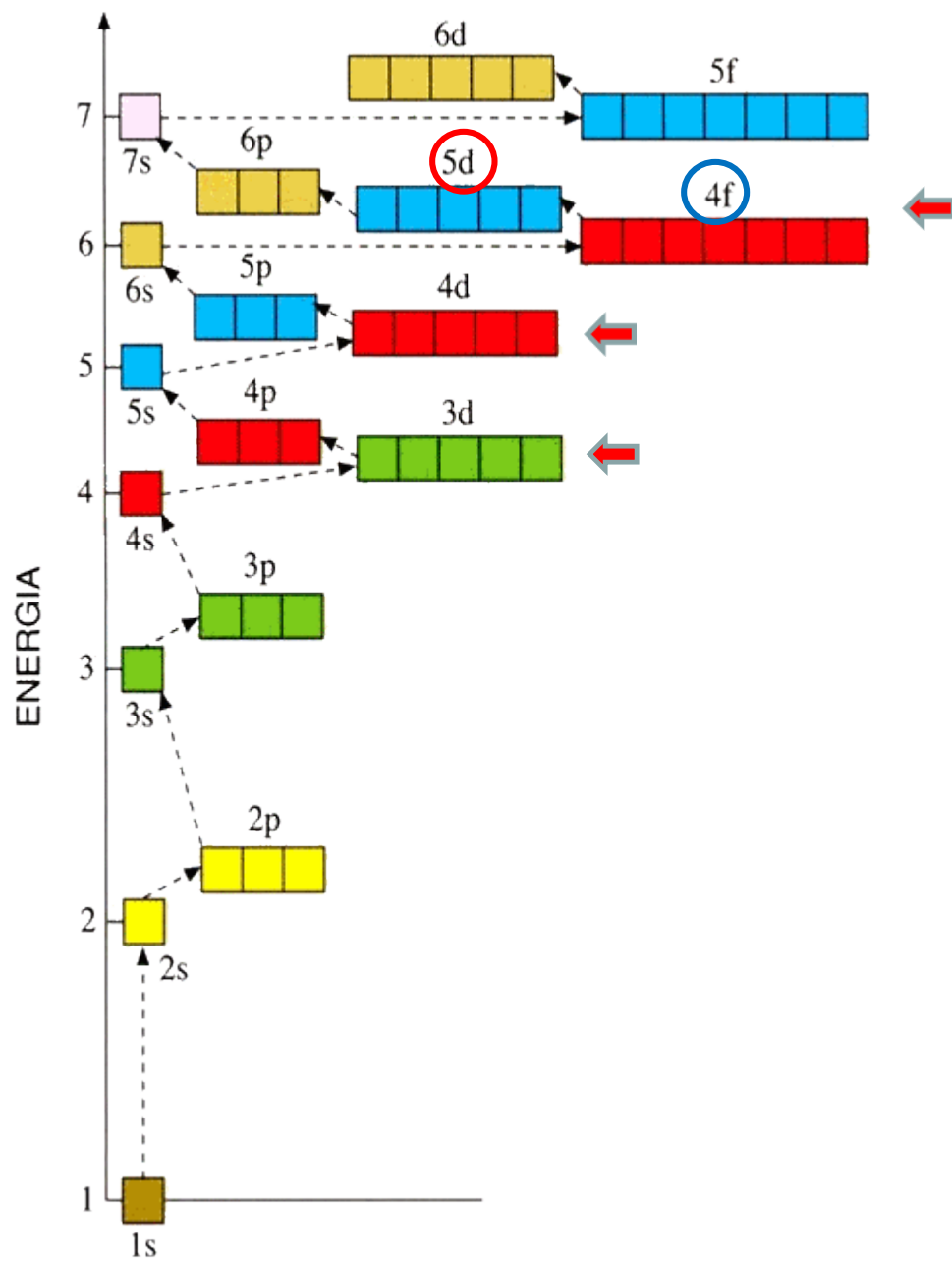
## ***Gli elementi del blocco d***

- 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	$1s_2 2s_2 2p_6 \leftarrow$ 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	$1s_2 2s_2 2p_6 3s_2 3p_6 \leftarrow$ ottetto



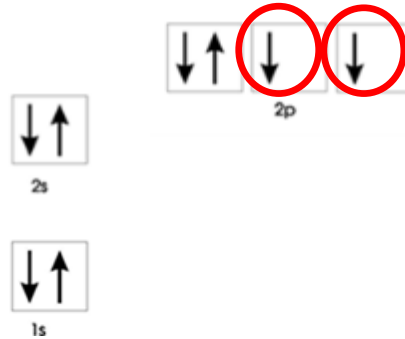
- Regola dell' "ottetto"  $\rightarrow$  gas "nobili"
- Ar  $[\text{Ne}] 3s^2 3p^6 \rightarrow$  periodicità
- Kr  $[\text{Ar}] 3d^{10} 4s^2 4p^6 \rightarrow$  periodicità



## 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
<b>Cr</b>
Cromo
51,996
[Ar] 3d <sup>5</sup> 4s <sup>1</sup>

Simbolo atomico

Nome dell'elemento

Peso atomico

Configurazione  
elettronica

la configurazione di valenza **3d<sup>5</sup>4s<sup>1</sup>** è più stabile di **3d<sup>4</sup>4s<sup>2</sup>**

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



# Calcolo numero coppie elettroniche con spin parallelo

config.  $p^3$



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.  $d^7$



up

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

down

1:2

?

11

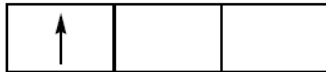
N elettroni con spin parallelo ( $m_s$ )

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)

molteplicità di spin

config.  $p^1$



$$S = 1/2$$

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

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

config.  $p^3$



$$S = 3/2$$



$$S = 1/2$$

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

$$3K > 1K$$

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

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.  $d^7$

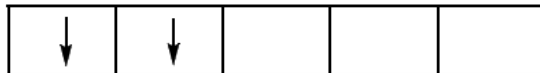


$$S = 3/2$$



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

+



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

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

config.  $d^7$

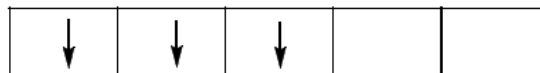


$$S = 1/2$$



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

+



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

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.  $f^9$



$$S = 5/2$$



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

+

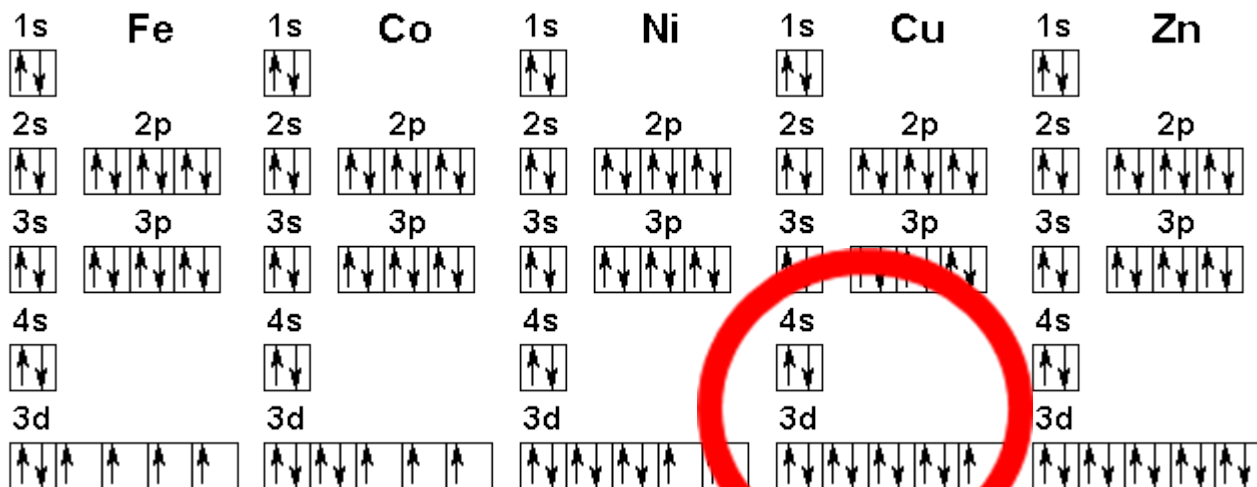
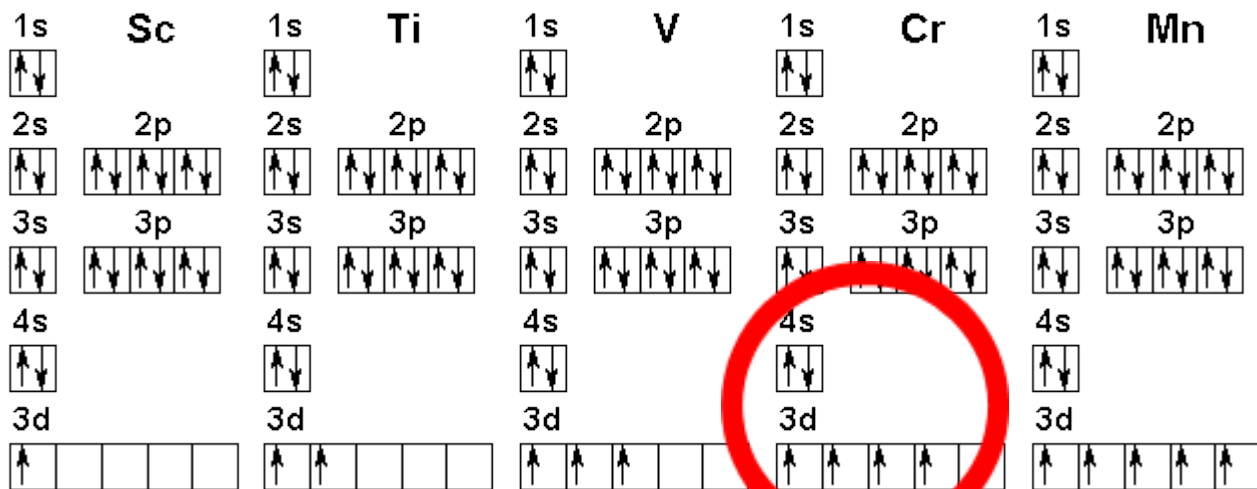


$$N(N-1)/2 = 1$$

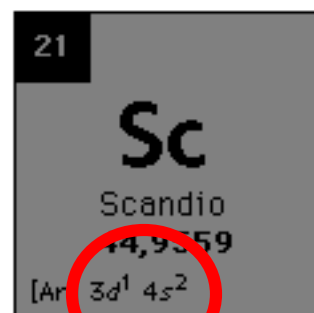
$$\text{Energia di scambio (} f^9 \text{ } S = 5/2 \text{)} = \Sigma \{N(N-1)/2\}K = 22K$$

### Energia di scambio per ioni $f^n$

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



Numero atomico



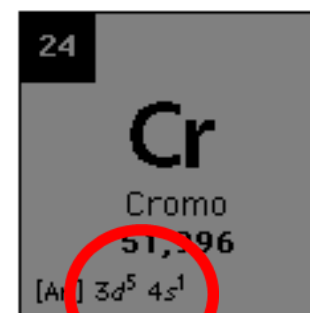
Simbolo atomico

Nome dell'elemento

Peso atomico

Configurazione  
elettronica

Numero atomico



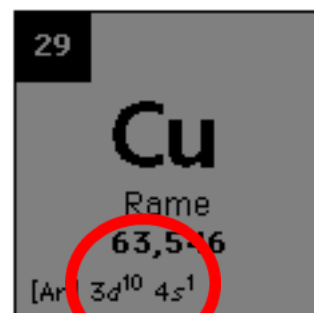
Simbolo atomico

Nome dell'elemento

Peso atomico

Configurazione  
elettronica

Numero atomico



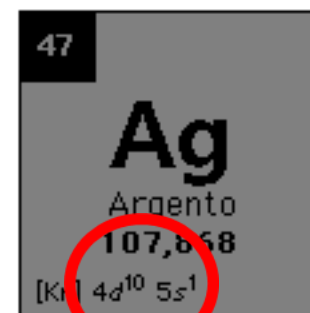
Simbolo atomico

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
$s^2d^1$	$s^2d^2$	$s^2d^3$	<del><math>s^2d^4</math></del>	$s^2d^5$	$s^2d^6$	$s^2d^7$	$s^2d^8$	<del><math>s^2d^9</math></del>	$s^2d^{10}$
			$s^1d^5$					$s^1d^{10}$	

# 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	<b>Zn</b> Zinco 65,39 [Ar] 3d <sup>10</sup> 4s <sup>2</sup>
----	--

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	
	0	0	0*	0*	0*	0*	0*	
		+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1*
	+2	+2	+2*	+2*	+2*	+2*	+2*	+2*
+3*	+3*	+3*	+3*	+3	+3*	+3*	+3	+3
	+4*	+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

**Zn**

Zinco

65,39

[Ar] 3d<sup>10</sup> 4s<sup>2</sup>

Configurazione  
elettronica

Simbolo atomico

Nome dell'elemento

Peso atomico

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

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
$s^2d^1$	$s^2d^2$	$s^2d^3$	<del><math>s^2d^4</math></del> $s^1d^5$	$s^2d^5$	$s^2d^6$	$s^2d^7$	$s^2d^8$	<del><math>s^2d^9</math></del> $s^1d^{10}$	$s^2d^{10}$

### *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	
	0	0	0*	0*	0*	0*	0*	
		+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1*
	+2	+2	+2*	+2*	+2*	+2*	+2*	+2*
+3*	+3*	+3*	+3*	+3	+3*	+3*	+3	+3
	+4*	+4*	+4	+4*	+4	+4	+4	
		+5*	+5	+5	+5			
			+6*	+6*	+6			
				+7*				

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