

Atomi polielettronici

Soluzione equazione di Schrödinger approssimata.

Interazioni tra elettroni difficili da trattare (Cambia E_{pot})

Funzioni d'onda $\Psi(n, l, m_l)$ idrogenoidi, opportunamente modificate, valide anche come approssimazioni per le configurazioni elettroniche di atomi multielettronici.

Funzione d'onda complessiva può essere approssimata (semplificando molto) come prodotto delle funzioni d'onda monoelettroniche:

$$\Psi(\mathbf{r}_1, \mathbf{r}_2, \dots, \mathbf{r}_N) \cong \psi_1(\mathbf{r}_1) \times \psi_2(\mathbf{r}_2) \times \dots \times \psi_N(\mathbf{r}_N)$$

Precisione di E e Ψ (e della probabilità $\Psi \cdot \Psi^* dr_i$) cresce con potenza di calcolo.

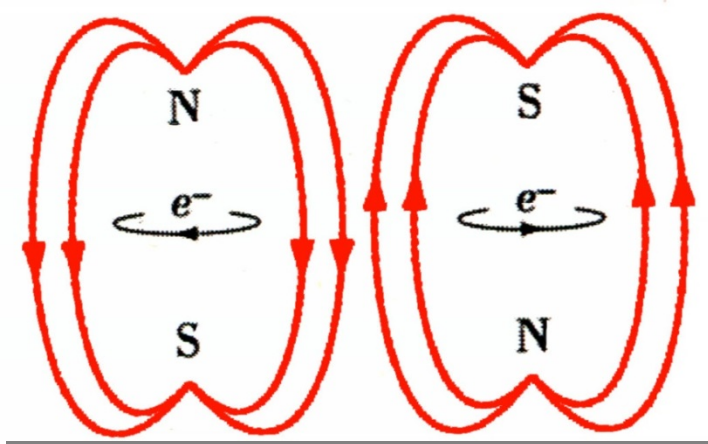
Configurazione elettronica = disposizione degli elettroni in un atomo.

Stato fondamentale di un atomo = configurazione elettronica più stabile.

Definire la configurazione elettronica = identificare gli orbitali in cui sono distribuiti gli elettroni

Spin elettronico

► L'elettrone possiede un momento magnetico intrinseco: lo spin. Anche questo è quantizzato. Lo spin può essere rappresentato con l'analogia della rotazione dell'elettrone sul proprio asse che implica la generazione di un *campo magnetico*, in virtù della *carica elettrica* della particella.



► Evidenza sperimentale dello **spin elettronico** fornita da esperimenti di **Stern e Gerlach** nel 1921:

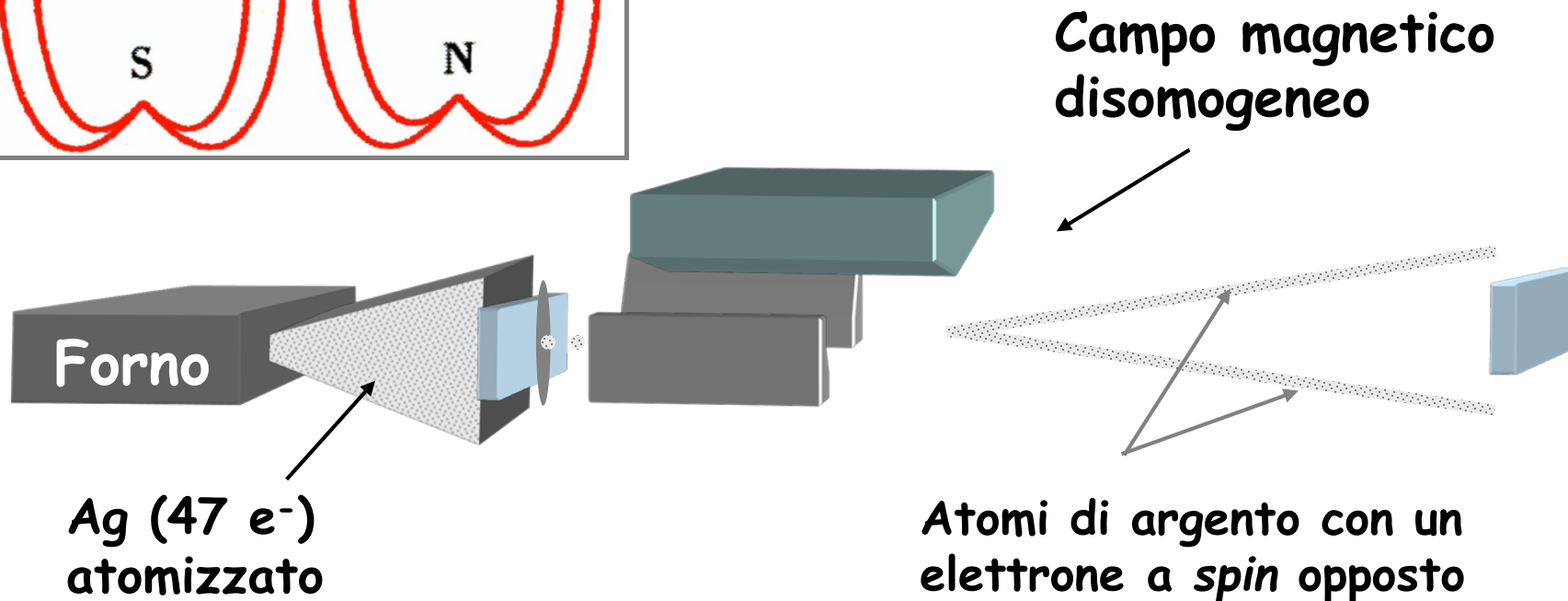


Tavola Periodica degli elementi

Tavola Periodica degli elementi

Periodo

1	IA	1	1,0079 -1 0,0000899 -259,2 -253	H	Idrogeno	2	IIA	4	9,0122 +2 1,85 1282,2 2472	Be	Berillio	13	IIIA	5	10,81 +3 2,33 2100 3802	B	Boro	14	IVA	6	12,011 +4 2,25 3550 4827	C	Carbonio	15	VA	7	14,0067 +3 0,001251 -210 -196	N	Azoto	16	VIA	8	15,9994 +2 0,001429 -218,9 -183	O	Ossigeno	17	VIIA	9	18,9984 +1 0,001689 -221,7 -188	F	Fluoro	18	VIIIA	10	20,179 0 0,001785 -272,1 -269	He	Elio																								
3	6,941 +1 0,534 196,1 1324	Li	Litio	4	9,0122 +2 1,85 1282,2 2472	Be	Berillio	11	22,9898 +1 0,97 97,7 863	Na	Sodio	12	24,305 +2 1,74 650 1090	Mg	Magnesio	13	10,81 +3 2,33 2100 3802	B	Boro	14	12,011 +4 2,25 3550 4827	C	Carbonio	15	14,0067 +3 0,001251 -210 -196	N	Azoto	16	15,9994 +2 0,001429 -218,9 -183	O	Ossigeno	17	18,9984 +1 0,001689 -221,7 -188	F	Fluoro	18	20,179 0 0,001785 -272,1 -269	He	Elio																																
19	39,0983 +1 0,86 97,7 758	K	Potassio	20	40,08 +2 1,55 848,9 1484	Ca	Calcio	21	44,9559 +3 3,02 1538,9 2851	Sc	Scandio	22	47,9 +4 4,5 1690 3089	Ti	Titanio	23	50,9415 +5 5,98 1900 3409	V	Vanadio	24	51,996 +6 6,32 1843,3 2872	Cr	Cromo	25	54,938 +7 7,41 1245 2062	Mn	Manganese	26	55,847 +8 7,88 1538,9 2862	Fe	Ferro	27	58,9332 +9 8,71 1495 2528	Co	Cobalto	28	58,7 +10 8,88 1455 2566	Ni	Nichel	29	58,9332 +11 8,96 1063 2566	Cu	Rame	30	63,546 +12 7,1 119,4 911	Zn	Zinco	31	69,72 +13 5,93 267,8 913,9	Ga	Gallio	32	72,59 +14 5,46 957,8 2834	Ge	Germanio	33	74,9216 +15 5,73 913,9 2347	As	Arsenico	34	78,96 +16 4,82 220 679	Se	Selenio	35	79,904 +17 0,001139 -72 58	Br	Bromo	36	83,8 +18 0,00368 -188,9 -153	Kr	Kriptone
37	85,4678 +1 1,53 38,9 894	Rb	Rubidio	38	87,62 +2 2,56 789,9 1375	Sr	Stronzio	39	88,9059 +3 3,8 1520,9 3338	Y	Ittrio	40	91,22 +4 6,4 1836 4409	Zr	Zirconio	41	92,9064 +5 8,57 2415,6 4744	Nb	Niobio	42	95,94 +6 12,2 2621,1 4610	Mo	Molibdeno	43	(98) +7 12,1 2155,9 4119	Tc	Tecnecio	44	101,07 +8 12,4 2160,1 3727	Ru	Rutenio	45	102,9055 +9 12,4 2160,1 3727	Rh	Rodio	46	106,4 +10 12,4 2160,1 3727	Pd	Palladio	47	107,868 +11 10,49 2063,9 2163	Ag	Argento	48	112,41 +12 8,65 230,9 767	Cd	Cadmio	49	114,82 +13 7,3 231,9 2623	In	Indio	50	118,69 +14 7,3 231,9 2623	Sn	Stagno	51	121,75 +15 6,62 230,9 1587	Sb	Antimonio	52	127,6 +16 6,35 248,9 988	Te	Tellurio	53	126,9045 +17 4,94 113,3 183	I	Iodio	54	131,3 +18 0,00585 -112 -111	Xe	Xenone
55	132,9054 +1 1,87 28,5 882	Cs	Cesio	56	137,33 +2 3,5 704,4 2125	Ba	Bario	57	138,9055 +3 6,15 1043,9 3457	La	Lantanio	72	178,49 +4 13,3 2129,4 4603	Hf	Hafnio	73	180,9479 +5 16,6 2993,3 5365	Ta	Tantalio	74	183,85 +6 18,3 3398,9 5555	W	Tungsteno	75	186,207 +7 21,82 3167,2 5687	Re	Renio	76	190,2 +8 22,5 2704,4 4987	Os	Osmio	77	192,22 +9 22,4 2453,9 4389	Ir	Iniridio	78	195,09 +10 21,45 1773,5 3824	Pt	Platino	79	196,9665 +11 19,3 1063 2808	Au	Oro	80	200,59 +12 13,5458 -38,9 357	Hg	Mercurio	81	204,37 +13 11,86 302,8 1487	Tl	Tallio	82	207,2 +14 11,34 327,4 1750	Pb	Piombo	83	208,9804 +15 9,78 271,3 1564	Bi	Bismuto	84	(209) +16 8,32 253,9 947	Po	Polonio	85	(210) +17 7,53,1,1 6,42	At	Astato	86	(222) +18 0,005 -71 -42	Rn	Radone
87	(223) +1 27 674	Fr	Francio	88	226,025 +2 8 704,4 2125	Ra	Radio	89	227,028 +3 10,87 1043,9 3457	Ac	Attinio	104	(261) +4 18,7 1129,4 4134	Rf	Rutherfordio	105	(262) +5 20,25 836,9 3902	Np	Neptunio	106	(266) +6 19,84 665 3230	Pu	Plutonio	107	(264) +7 13,07 1175 2614	Bh	Bohrio	108	(277) +8 13,51 1340	Hs	Hassio	109	(268) +9 13,51 1340	Mt	Meitnerio	110	(271) +10 13,51 1340	Ds	Darmstadio	111	(272) +11 13,51 1340	Rg	Roentgenio	112	(285) +12 13,51 1340	Cn	Copernicio																								

STATI DI AGGREGAZIONE a 20 °C

Serie dei Lantanidi

Serie degli Attinidi

58	140,12 +4 6,9 793,3 3428	Ce	Cerio	59	140,9077 +3 6,48 930,9 3512	Pr	Praseodimio	60	144,24 +3 6,86 1015,9 3068	Nd	Neodimio	61	(145) +3 7,22 1071,9 1791	Pm	Promezio	62	150,4 +3 7,75 1071,9 1791	Sm	Samario	63	151,96 +3 8,26 1080 2460	Eu	Europio	64	157,25 +3 7,9 1311,9 3266	Gd	Gadolonio	65	158,9254 +3 8,23 1356,9 3223	Tb	Terbio	66	162,5 +3 8,55 1407 2562	Dy	Disprosio	67	164,9304 +3 8,7 1469,9 2895	Ho	Olmio	68	167,26 +3 9,07 1497 2863	Er	Erbio	69	168,9342 +3 9,32 1544,9 1947	Tm	Tulio	70	173,04 +3 9,87 1622,9 3395	Yb	Itterbio	71	174,967 +3 9,84 1662,9 3395	Lu	Lutezio
90	232,0381 +4 11,3 1842,2 4788	Th	Torio	91	(209) +4 1560	Pa	Protoattinio	92	238,029 +6 5,43	U	Uranio	93	237,048 +6 5,43	Np	Neptunio	94	(244) +6 5,43	Pu	Plutonio	95	(243) +6 5,43	Am	Americio	96	(247) +6 5,43	Cm	Curio	97	(247) +6 5,43	Bk	Berchelio	98	(251) +6 5,43	Cf	Californio	99	(252) +6 5,43	Rg	Roentgenio	100	(257) +6 5,43	Cn	Copernicio												
101	(258) +3 11,3 1842,2 4788	La	Laurenzio	102	(259) +3 11,3 1842,2 4788	No	Nobelio	103	(260) +3 11,3 1842,2 4788	Lr	Laurenzio	104	(261) +3 11,3 1842,2 4788	Rf	Rutherfordio	105	(262) +3 11,3 1842,2 4788	Np	Neptunio	106	(266) +3 11,3 1842,2 4788	Pu	Plutonio	107	(264) +3 11,3 1842,2 4788	Am	Americio	108	(277) +3 11,3 1842,2 4788	Cm	Curio	109	(268) +3 11,3 1842,2 4788	Bk	Berchelio	110	(271) +3 11,3 1842,2 4788	Cf	Californio	111	(272) +3 11,3 1842,2 4788	Rg	Roentgenio	112	(285) +3 11,3 1842,2 4788	Cn	Copernicio								

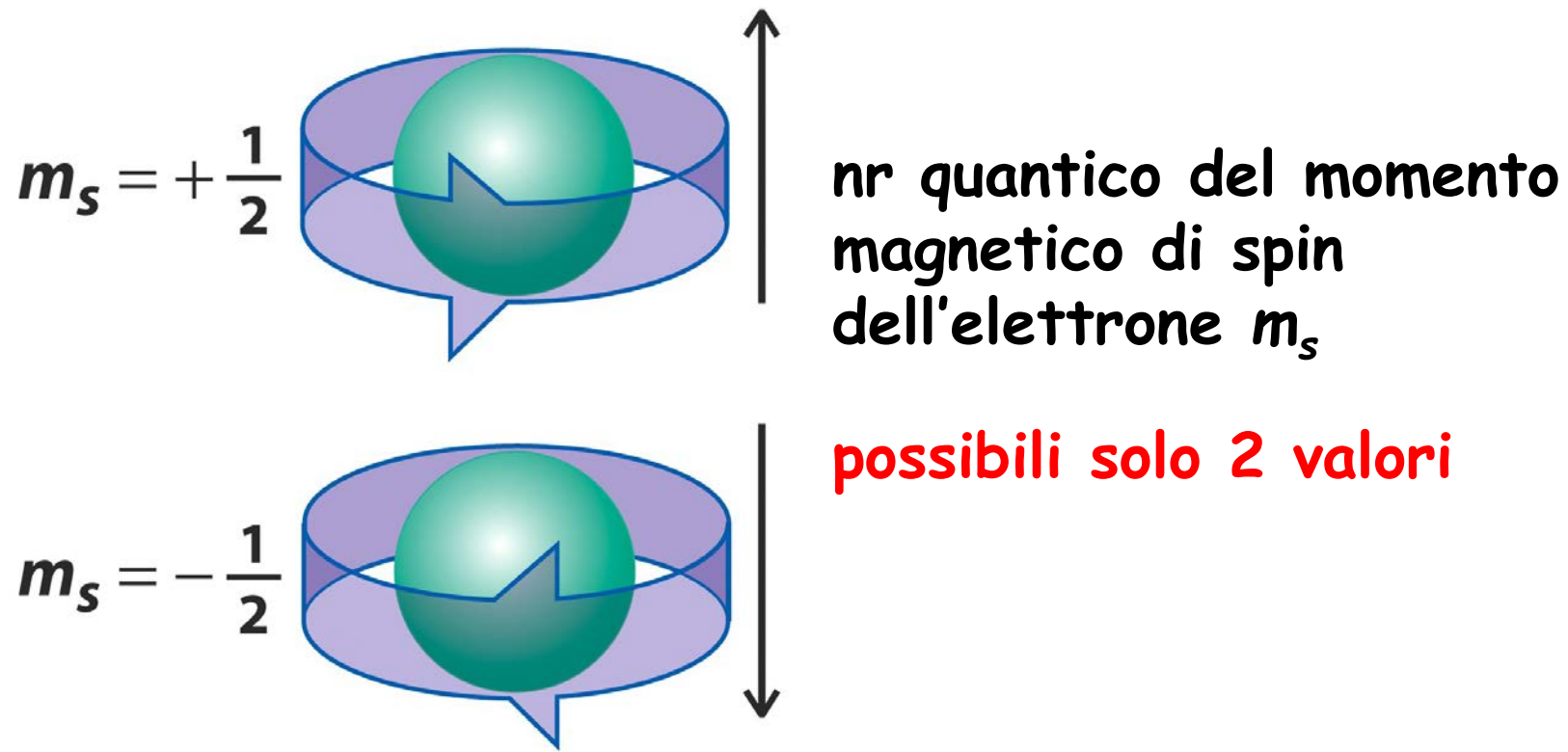
STATI di AGGREGAZIONE a 20 °C

SOLIDI LIQUIDI GASSOSI ARTIFICIALI



Serie dei Lantanidi

Serie degli Attinidi




Principio di antisimmetria

Vincolo che le Ψ devono rispettare

Lo stato di un elettrone in un atomo è specificato da quattro numeri quantici: n , l , m_l ed m_s . Una funzione d'onda monoelettronica $\Psi(n, l, m_l, m_s)$ deve quindi differire dalle altre in un stesso atomo, per il valore di almeno uno dei 4 numeri quantici.

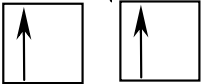
Aufbau = regole definizione configurazione elettronica

- Principio di esclusione di Pauli:

Non più di due elettroni possono occupare lo stesso orbitale $\Psi (n, l, m_l)$ e, se lo fanno, devono avere spin antiparalleli (m_s diversi) 

= altro modo di definire il **principio di antisimmetria**

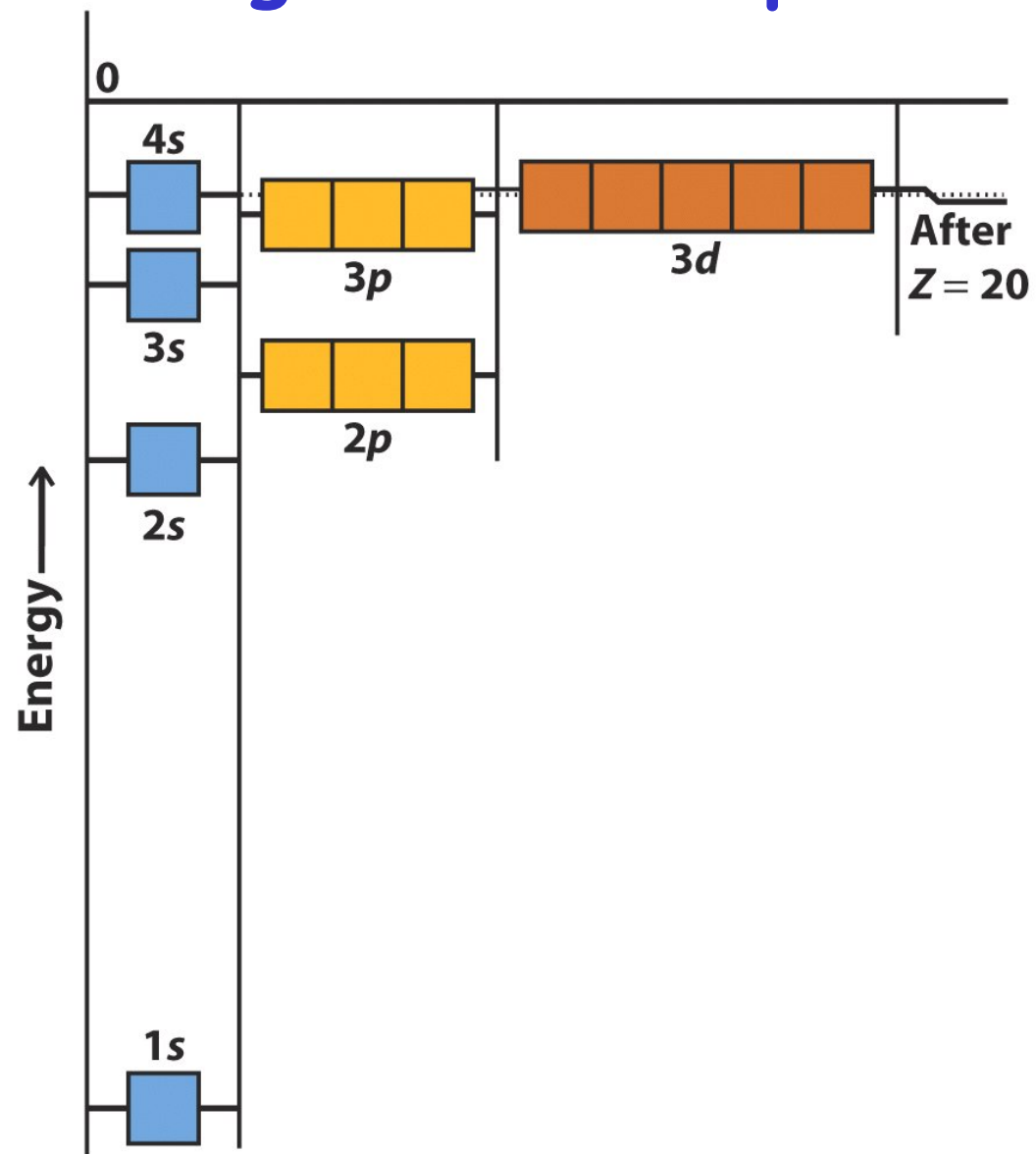
- Regola di Hund "della massima molteplicità di spin":

se due orbitali hanno la stessa energia (sono degeneri), gli elettroni si dispongono preferenzialmente a spin paralleli in orbitali diversi 

E' spiegabile per minore repulsione tra elettroni in orbitali diversi (zone di spazio diverse) e per il fenomeno quanto-meccanico stabilizzante dell'accoppiamento di spin.

Orbitali riempiti partendo da quello a più bassa energia e via via salendo, rispettando il principio di Pauli e la regola di Hund

Livelli energetici atomi polielettronici

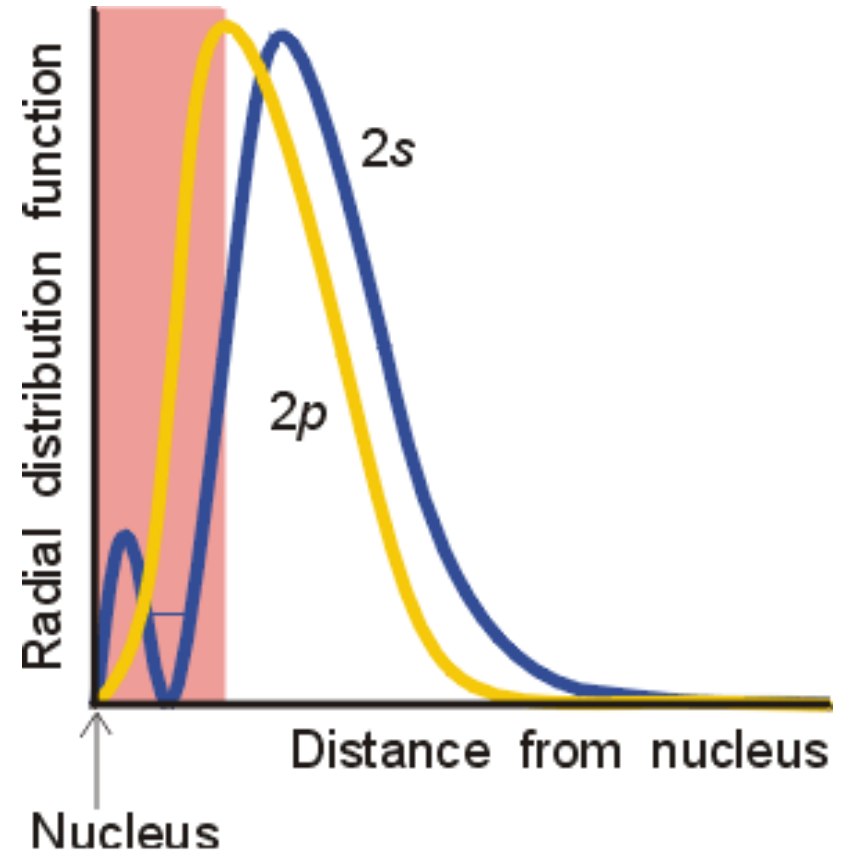


Energia sottolivelli in atomi polielettronici

Elettroni in orbitali a eguale n ma diverso l non hanno più la stessa energia in atomi polielettronici (= non sono più degeneri, a differenza che in atomi idrogenoidi)

Un elettrone in ns è meno schermato di uno in np perché un orbitale s è più penetrante di un p

L'energia di elettroni in orbitali con massimi più vicini al nucleo (= più penetranti e meno schermati), è più bassa.

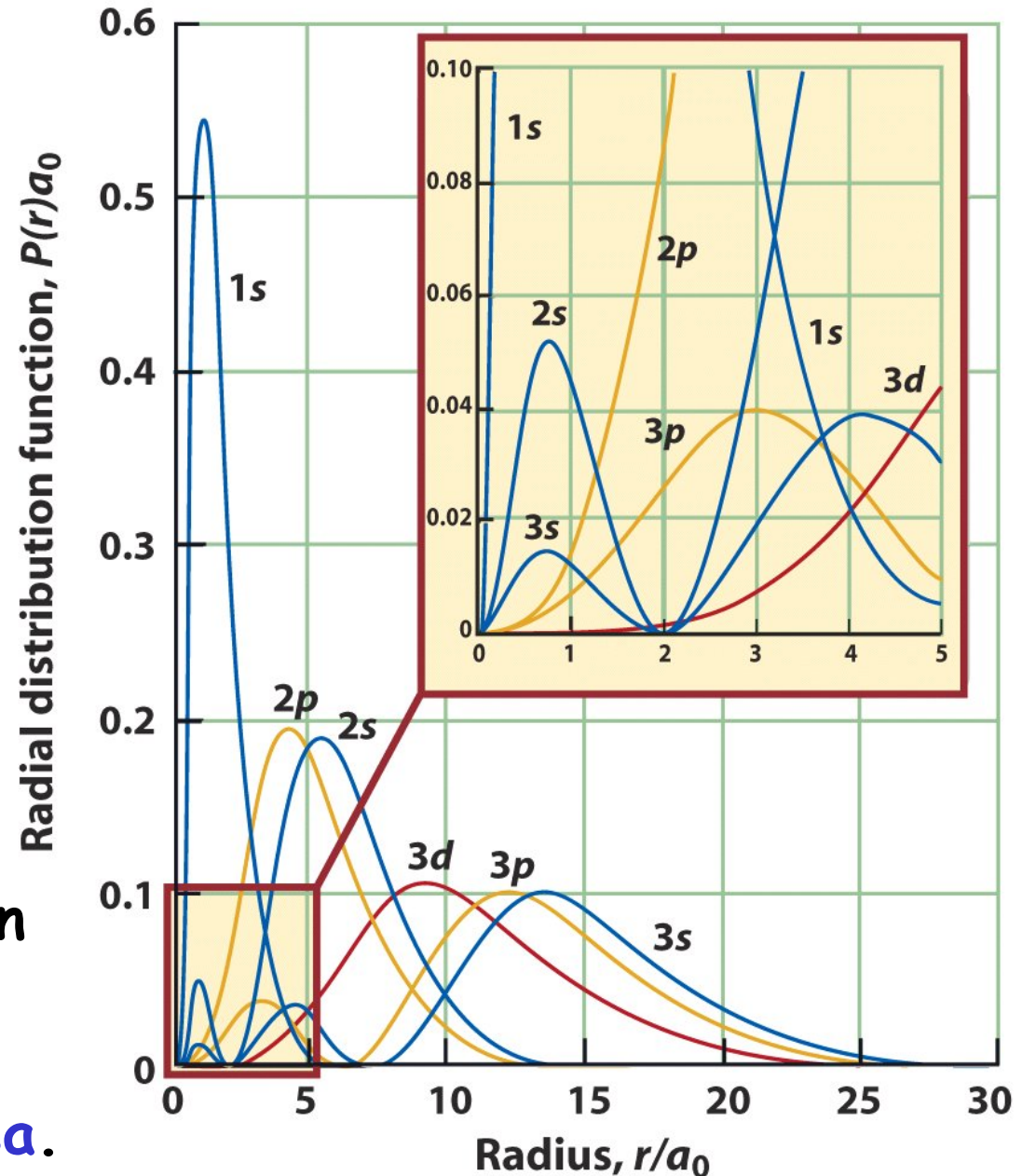


Sottolivelli in atomi polielettronici

energia $2s < 2p < 3s <$
 $< 3p < 3d$

non sono più degeneri
orbitali aventi lo
stesso n

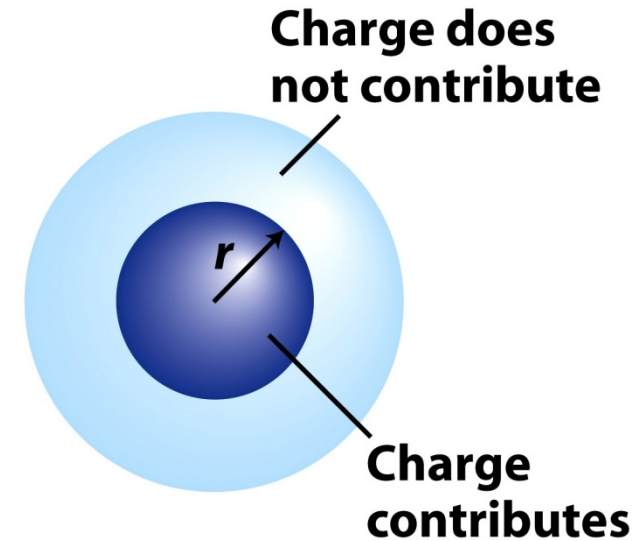
L'energia di orbitali con
massimi secondari più
vicini al nucleo (= più
penetranti), è più bassa.



Carica nucleare efficace $Z^* = Z - \sigma$

Rappresentazione semplificata della repulsione tra elettroni:

Ogni elettrone "sente" un unico campo centrale, che è la somma del campo del nucleo e del campo medio dovuto agli altri elettroni.



⇒ posso localizzare sul nucleo una unica carica positiva risultante che viene approssimata dall'espressione:

$$Z^* = Z - \sigma$$

dove σ = costante di schermo

Più elevata la carica positiva Z^* che un elettrone sente, più bassa la sua energia

Ordine riempimento degli orbitali in atomi polielettronici

Stabilità relativa, dipendente solo da n , valida per atomi idrogenoidi, vale approssimativamente: intervengono effetti nuovi legati a repulsione tra elettroni e altri più fini.

$1s < 2s < 2p < 3s < 3p < 4s \approx 3d < 4p < 5s \approx 4d < 5p < 6s \approx 4f \approx 5d < 6p < 7s \approx 5f \approx 6d < 7p$

Riempimento orbitali rispetta le regole dell'Aufbau:

- 1) Principio di antisimmetria \equiv
 \equiv Principio di esclusione di Pauli
- 2) Regole di Hund della massima molteplicità di spin

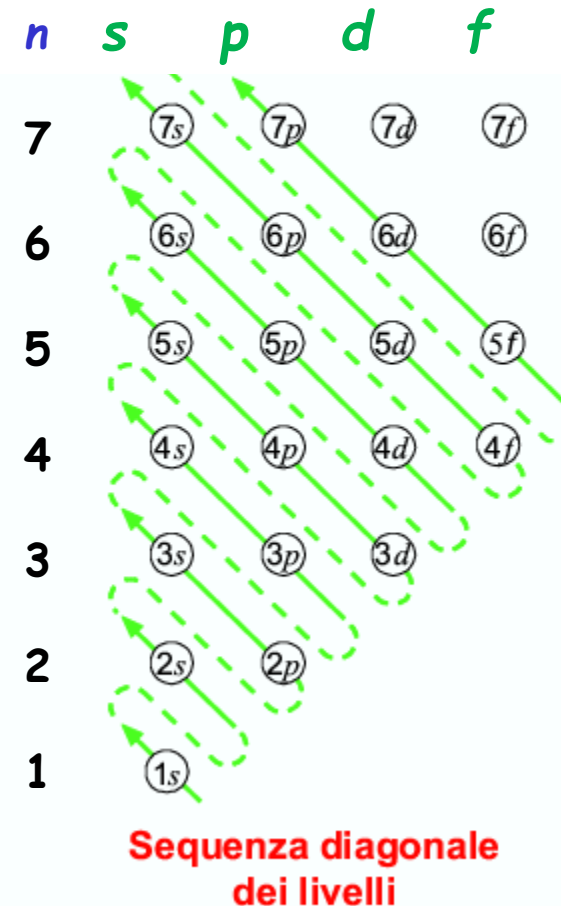


Tavola Periodica degli elementi

Legenda:

- Metalli Alcalini
- Metalli Alcalino-Terrosi
- Lantanidi
- Attinidi
- Elementi di Transizione
- Metalloidi / Non Metalli
- Alogeni
- Gas Nobili

Gruppo

Idrogeno (H)

Numero Atomico: 1
Valenza: 1
Densità (g/cm³): 0,000099
Temp. Fusione (°C): -259,2
Temp. Ebollizione (°C): -253

Peso Atomico: 1,0079
Numero di Ossidazione: 1
Simbolo: H
Nome: Idrogeno

Periodo

Gruppo

STATI di AGGREGAZIONE a 20 °C

- SOLIDI
- LIQUIDI
- GASSOSI
- ARTIFICIALI

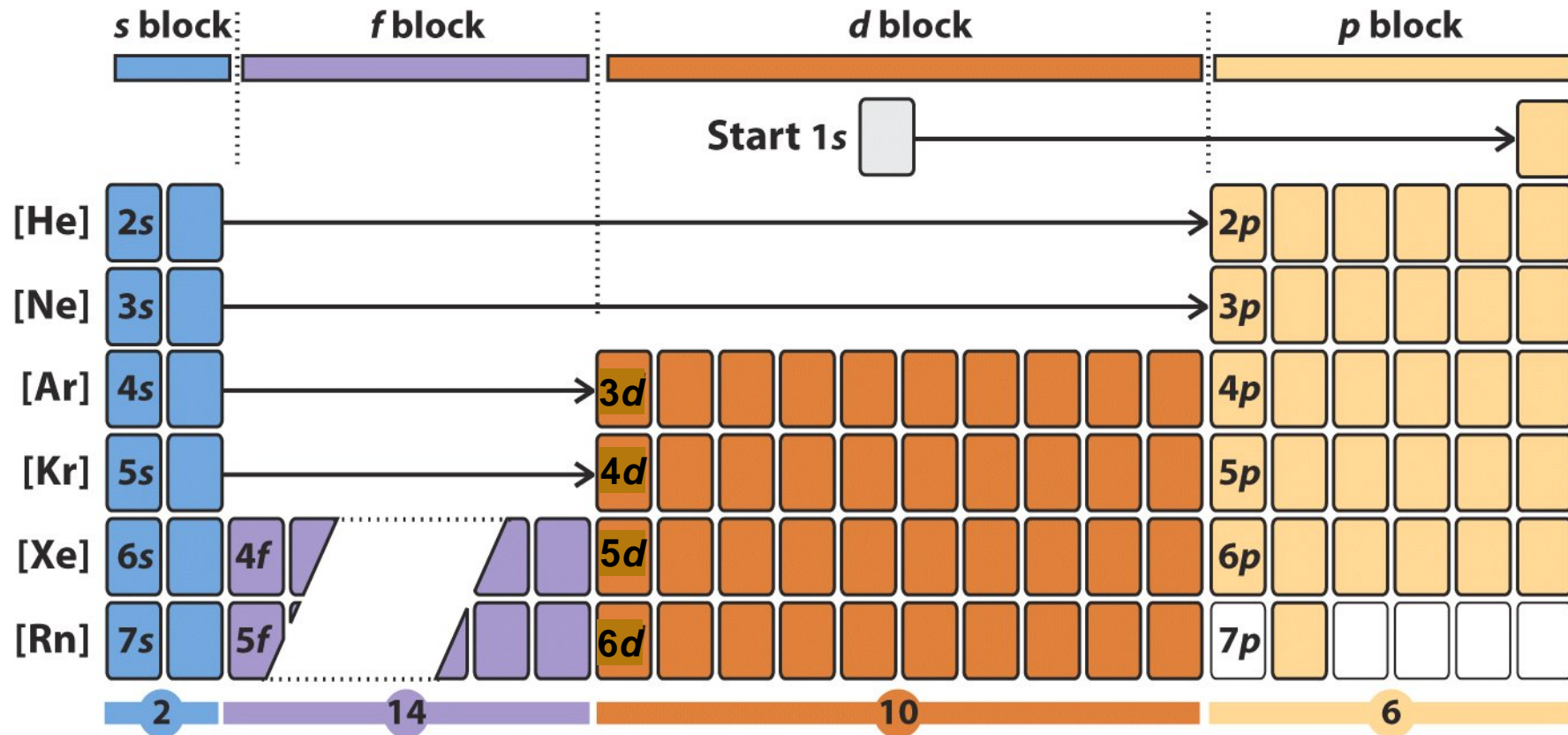
Periodo	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18														
1	1 H Idrogeno	2 He Elio																														
2	3 Li Litio	4 Be Berillio							5 B Boro	6 C Carbonio	7 N Azoto	8 O Ossigeno	9 F Fluoro	10 Ne Neon																		
3	11 Na Sodio	12 Mg Magnesio							13 Al Alluminio	14 Si Silicio	15 P Fosforo	16 S Zolfo	17 Cl Cloro	18 Ar Argon																		
4	19 K Potassio	20 Ca Calcio	21 Sc Scandio	22 Ti Titanio	23 V Vanadio	24 Cr Cromo	25 Mn Manganese	26 Fe Ferro	27 Co Cobalto	28 Ni Nichel	29 Cu Rame	30 Zn Zinco	31 Ga Gallio	32 Ge Germanio	33 As Arsenico	34 Se Selenio	35 Br Bromo	36 Kr Kriptone														
5	37 Rb Rubidio	38 Sr Stronzio	39 Y Ittrio	40 Zr Zirconio	41 Nb Niobio	42 Mo Molibdeno	43 Tc Tecnezio	44 Ru Rutenio	45 Rh Rodio	46 Pd Palladio	47 Ag Argento	48 Cd Cadmio	49 In Indio	50 Sn Stagno	51 Sb Antimonio	52 Te Tellurio	53 I Iodio	54 Xe Xenone														
6	55 Cs Cesio	56 Ba Bario	57 La Lantanio	58 Ce Cerio	59 Pr Praseodimio	60 Nd Neodimio	61 Pm Prometio	62 Sm Samario	63 Eu Eurio	64 Gd Gadolinio	65 Tb Terbio	66 Dy Dysprosio	67 Ho Hafnio	68 Er Erbio	69 Tm Tulio	70 Yb Ytterbio	71 Lu Lutetio	72 Hf Hafnio	73 Ta Tantalio	74 W Tungsteno	75 Re Renio	76 Os Osmio	77 Ir Iridio	78 Pt Platino	79 Au Oro	80 Hg Mercurio	81 Tl Tallio	82 Pb Piombo	83 Bi Bismuto	84 Po Polonio	85 At Astatina	86 Rn Radone
7	87 Fr Francio	88 Ra Radio	89 Ac Attinio	90 Th Torio	91 Pa Protattinio	92 U Uranio	93 Np Neptunio	94 Pu Plutonio	95 Am Americio	96 Cm Curcio	97 Bk Berkelio	98 Cf Californio	99 Es Einsteinio	100 Fm Fermio	101 Md Mendelevio	102 No Nobelio	103 Lr Lawrencio	104 Rf Rutherfordio	105 Db Dubnio	106 Sg Seaborgio	107 Bh Bohrio	108 Hs Hassio	109 Mt Meitnerio	110 Ds Darmstadtio	111 Rg Roentgenio	112 Cn Copernicio						

6	58	140,12	59	140,9077	60	144,24	61	(145)	62	150,4	63	151,96	64	157,25	65	158,9254	66	162,5	67	164,9304	68	167,26	69	168,9342	70	173,04	71	174,967
	6,9		6,48		6,86		7,22		7,75		5,24		7,9		8,23		8,55		8,69		9,07		9,32		6,97		8,84	
	7923		930,9		1015,9		1080		1071		1897		1311,9		1356,9		1407		1469,9		1497		1544,9		873,9		1662,9	
	3436		3512		3668		2460		1791		1526		3298		3223		2562		2895		2863		1947		1194		3395	
	Ce		Pr		Nd		Pm		Sm		Eu		Gd		Tb		Dy		Ho		Er		Tm		Yb		Lu	
	Cerio		Praseodimio		Neodimio		Promezio		Samario		Europio		Gadolinio		Terbio		Disprosio		Olmio		Erbio		Tulio		Itterbio		Lutezio	
7	90	232,0381	91	(209)	92	238,029	93	237,048	94	(244)	95	(243)	96	(247)	97	(247)	98	(251)	99	(252)	100	(257)	101	(258)	102	(259)	103	(260)
	+4		+4	+3	+6	+6	+6	+6	+6	+6	+6	+6	+4	+4	+4	+4	+4	+4	+4	+4	+4	+4	+4	+4	+4	+4	+4	
	11,3		1560		18,7		20,25		19,84		13,67		13,51		13,67		960											
	18422		4788		11254		6369		685		1175		1348															
	Th		Pa		U		Np		Pu		Am		Cm		Bk		Cf		Es		Fm		Md		No		Lr	
	Torio		Protoattinio		Uranio		Nettunio		Plutonio		Americio		Curio		Berchelio		Californio		Einsteinio		Fermio		Mendelevio		Nobelio		Laurenzio	

Serie dei Lantanidi

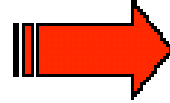
Serie degli Attinidi

Ordine di riempimento degli orbitali in atomi polielettronici e tavola periodica



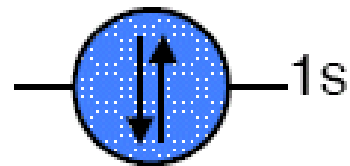
Configurazioni elettroniche degli atomi: esempi

Principio di Pauli
Regola di Hund



Riempimento successivo degli OA

1° Periodo



numero
quantico n

$1s^2$

numero
di elettroni

numero
quantico l

Z=1 Idrogeno (H)

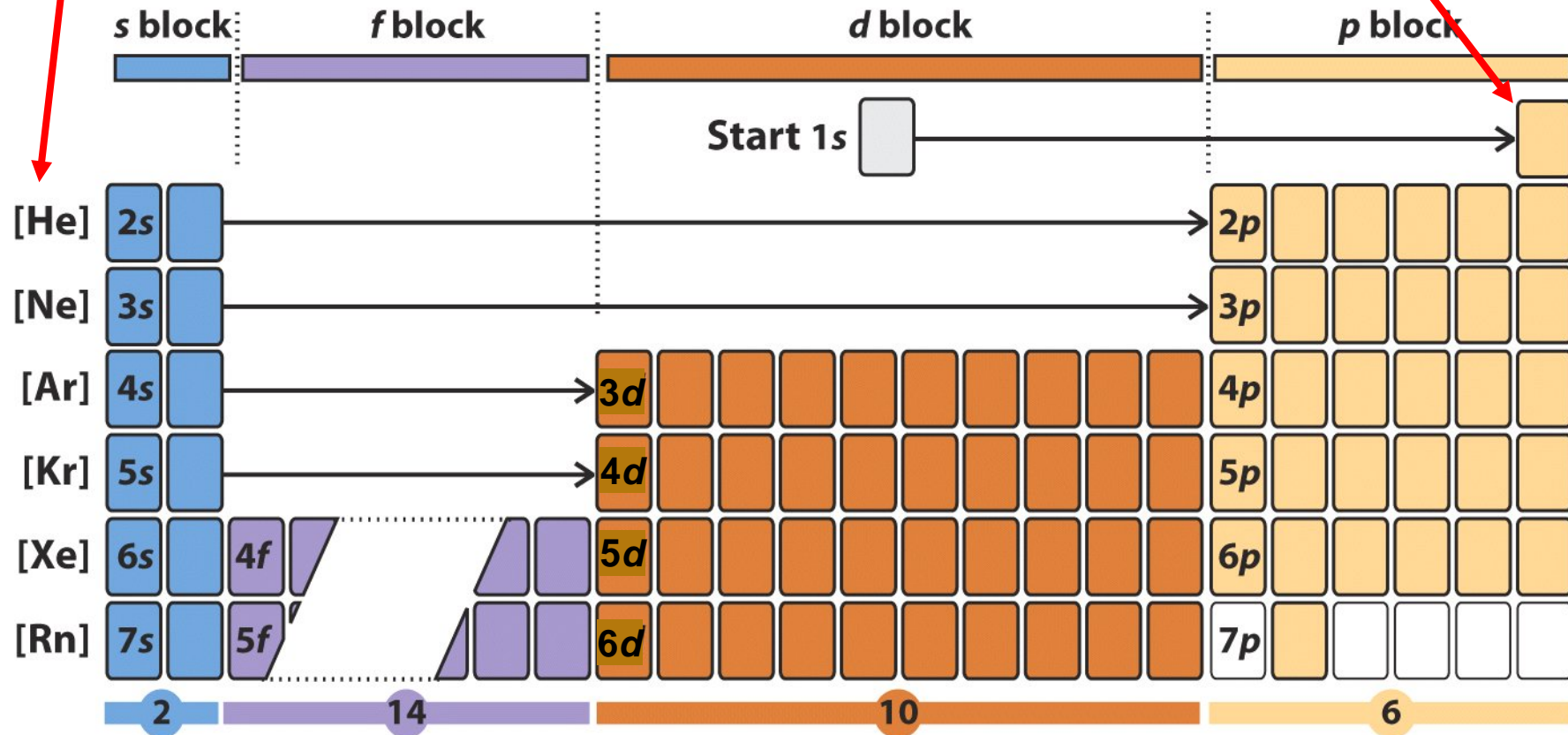
$1s^1$

Z=2 Elio (He)

$1s^2$

configurazione del gas nobile
precedente

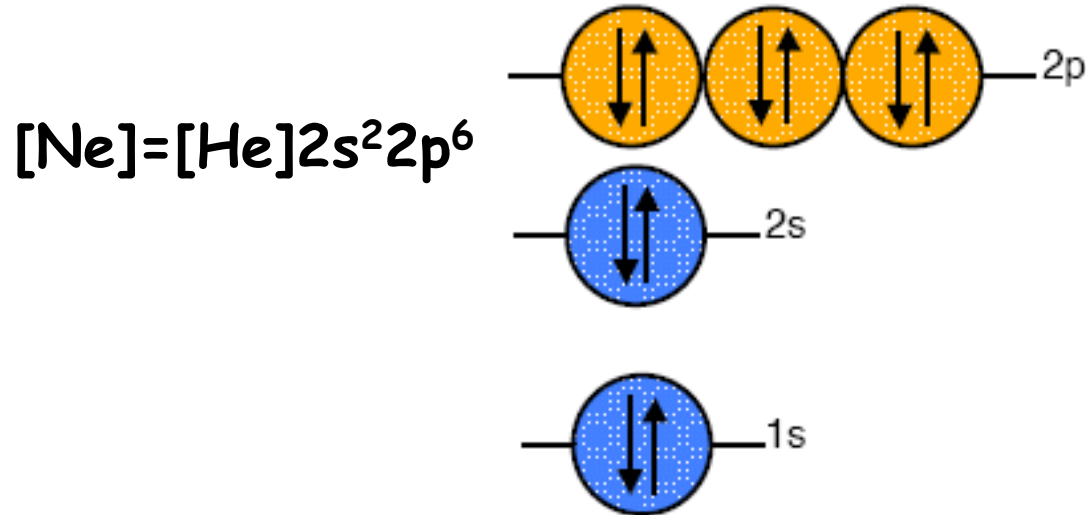
gas nobili (ottetto) = strato
completo o riempimento del
sottolivello p



Configurazioni atomi 2° periodo;

2° Periodo

[He] = gas nobile precedente
elettroni di valenza in rosso: esterni
rispetto a gas nobile precedente



Riempimento progressivo dell'orbitale 2s
e del sottolivello 2p (o degli orbitali 2p)

Gli elettroni di valenza e il loro
numero determinano la reattività

Z=3 Litio (Li)

1s²2s¹ [He]2s¹

Z=4 Berillio (Be)

1s²2s² [He]2s²

Z=5 Boro (B)

1s²2s²2p¹ [He]2s²2p¹

Z=6 Carbonio (C)

1s²2s²2p² [He]2s²2p²

Z=7 Azoto (N)

1s²2s²2p³ [He]2s²2p³

Z=8 Ossigeno (O)

1s²2s²2p⁴ [He]2s²2p⁴

Z=9 Fluoro (F)

1s²2s²2p⁵ [He]2s²2p⁵

Z=10 Neon (Ne)

1s²2s²2p⁶ [He]2s²2p⁶

Tavola Periodica degli elementi

Legenda:

- Metalli Alcalini
- Metalli Alcalino-Terrosi
- Lantanidi
- Attinidi
- Elementi di Transizione
- Metalloidi / Non Metalli
- Alogeni
- Gas Nobili

Idrogeno (H):

- Numero Atomico: 1
- Peso Atomico: 1,0079
- Valenza: 1
- Densità (g/cm³): 0,0000899
- Temp. Fusione (°C): -259,2
- Temp. Ebollizione (°C): -253
- Numero di Ossidazione: 1
- Simbolo: H
- Nome: Idrogeno

Gruppo:

Periodo:

	1												13		14		15		16		17		18	
	IA												IIIA		IVA		VA		VIA		VIIA		VIIIA	
1	1,0079												5	10,81	6	12,011	7	14,0067	8	15,9994	9	18,9984	10	20,179
2													13	26,9815	14	28,0855	15	30,9738	16	32,06	17	35,453	18	39,948
3	6,941	9,0122											31	69,72	32	72,59	33	74,9216	34	78,96	35	79,904	36	83,8
4	3	4											49	114,82	50	118,69	51	121,75	52	127,6	53	126,9045	54	131,3
5	11	12											81	204,37	82	207,2	83	208,9804	84	(209)	85	(210)	86	(222)
6	19	20											113	208,98	114	209	115	210	116	211	117	212	118	213
7	37	38											151	238,0289	152	238,0289	153	238,0289	154	238,0289	155	238,0289	156	238,0289
8	55	56											189	262,1098	190	262,1098	191	262,1098	192	262,1098	193	262,1098	194	262,1098
9	73	74											223	284,1595	224	284,1595	225	284,1595	226	284,1595	227	284,1595	228	284,1595
10	87	88											261	304,064	262	304,064	263	304,064	264	304,064	265	304,064	266	304,064
11	101	102											297	339,4536	298	339,4536	299	339,4536	300	339,4536	301	339,4536	302	339,4536
12	119	120											321	374,912	322	374,912	323	374,912	324	374,912	325	374,912	326	374,912
13	137	138											353	403,9045	354	403,9045	355	403,9045	356	403,9045	357	403,9045	358	403,9045
14	153	154											389	448,076	390	448,076	391	448,076	392	448,076	393	448,076	394	448,076
15	171	172											423	501,0775	424	501,0775	425	501,0775	426	501,0775	427	501,0775	428	501,0775
16	187	188											457	549,3869	458	549,3869	459	549,3869	460	549,3869	461	549,3869	462	549,3869
17	209	210											491	597,2063	492	597,2063	493	597,2063	494	597,2063	495	597,2063	496	597,2063
18	227	228											523	639,4967	524	639,4967	525	639,4967	526	639,4967	527	639,4967	528	639,4967
19	243	244											557	687,211	558	687,211	559	687,211	560	687,211	561	687,211	562	687,211
20	261	262											589	726,4352	590	726,4352	591	726,4352	592	726,4352	593	726,4352	594	726,4352
21	279	280											621	762,										

6	58	140,12 4,3	59	140,9077 4,3	60	144,24 3	61	(145) 3	62	150,4 3,2	63	151,96 3,2	64	157,25 3	65	158,9254 4,3	66	162,5 3	67	164,9304 3	68	167,26 3	69	168,9342 3,2	70	173,04 3,2	71	174,9 3	
	6,9 3923	Ce	6,48 9309 3512	Pr	6,96 1015,9 3998	Nd	7,22 1080 2460	Pm	7,75 1071,9 1791	Sm	5,24 1897 1567	Eu	7,9 1311,9 3296	Gd	8,23 1356,9 3223	Tb	8,55 1407 2562	Dy	8,7 1469,9 2695	Ho	9,07 1497 2863	Er	9,32 1544,9 1947	Tm	6,97 823,9 1194	Yb	9,84 1862,9 3395	Lu	9,84 1862,9 3395
	Cerio		Praseodimio		Neodimio		Promezio		Samario		Europio		Gadolinio		Terbio		Disprosio		Olmio		Erbio		Tulio		Itterbio		Lutezio		
7	90	232,0381 4	91	(209) 5,043	92	238,029 6,54,3	93	237,048 6,54,3	94	(244) 6,54,3	95	(243) 6,54,3	96	(247) 4,3	97	(247) 4,3	98	(251) 4,3	99	(252) 4,3	100	(257) 3,3	101	(258) 4,3	102	(259) 3,2	103	(261) 3,2	
	11,3 1842,2 4788	Th	1560	Pa	18,7 1129,4 4134	U	20,25 836,9 3902	Np	19,84 865 3230	Pu	13,67 1187 2614	Am	13,51 1340	Cm	13,51 1340	Bk	13,51 1340	Cf	13,51 1340	Es	13,51 1340	Fm	13,51 1340	Md	13,51 1340	No	13,51 1340	Lr	13,51 1340
	Torio		Protoattinio		Uranio		Nettunio		Plutonio		Americio		Curio		Berchelio		Californio		Einsteinio		Fermio		Mendelevio		Nobelio		Laurencio		

67
3
U
(60)
2

Serie dei Lantanidi

drogaster.



Serie degli Attinidi

Configurazioni elettroniche di atomi appartenenti allo stesso gruppo

IV° o 14° gruppo

Periodo 2	Z=6 Carbonio (C)	[He] $2s^2 2p^2$
Periodo 3	Z=14 Silicio (Si)	[Ne] $3s^2 3p^2$
Periodo 4	Z=32 Germanio (Ge)	[Ar] $3d^{10} 4s^2 4p^2$
Periodo 5	Z=50 Stagno (Sn)	[Kr] $4d^{10} 5s^2 5p^2$
Periodo 6	Z=82 Piombo (Pb)	[Xe] $4f^{14} 5d^{10} 6s^2 6p^2$

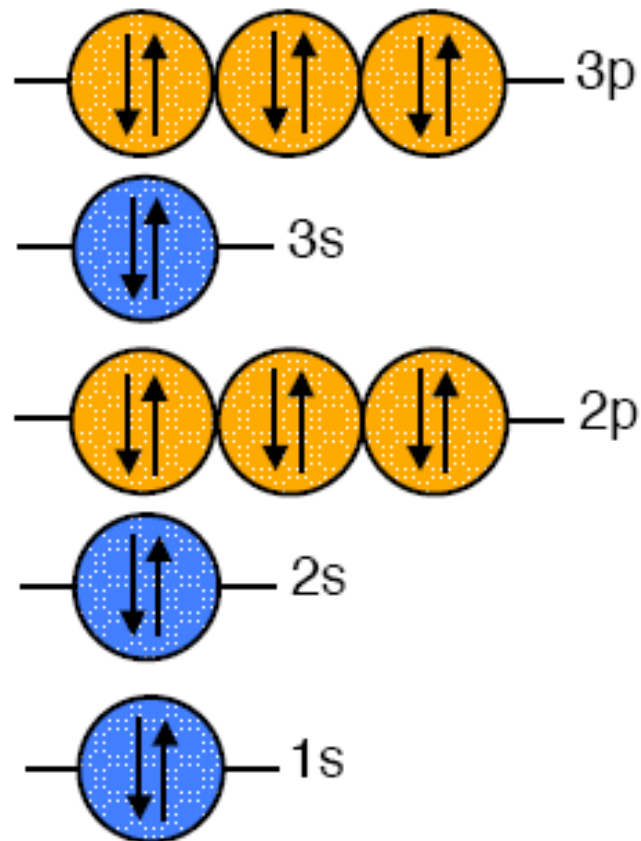
[X] = configurazione gas nobile precedente

elettroni di valenza in rosso: esterni rispetto a gas nobile [X]

Elementi di uno stesso gruppo hanno la stessa configurazione esterna \Rightarrow reattività simile

Configurazioni atomi 3° periodo

3° Periodo



Riempimento progressivo
dell'orbitale 3s e del
sottolivello 3p

Z=11 Sodio (Na)



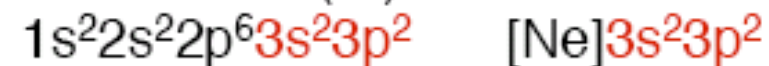
Z=12 Magnesio (Mg)



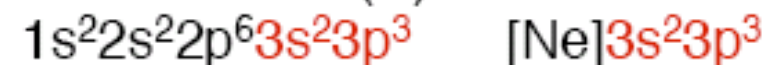
Z=13 Alluminio (Al)



Z=14 Silicio (Si)



Z=15 Fosforo (P)



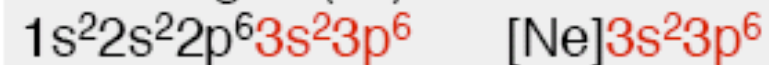
Z=16 Zolfo (S)



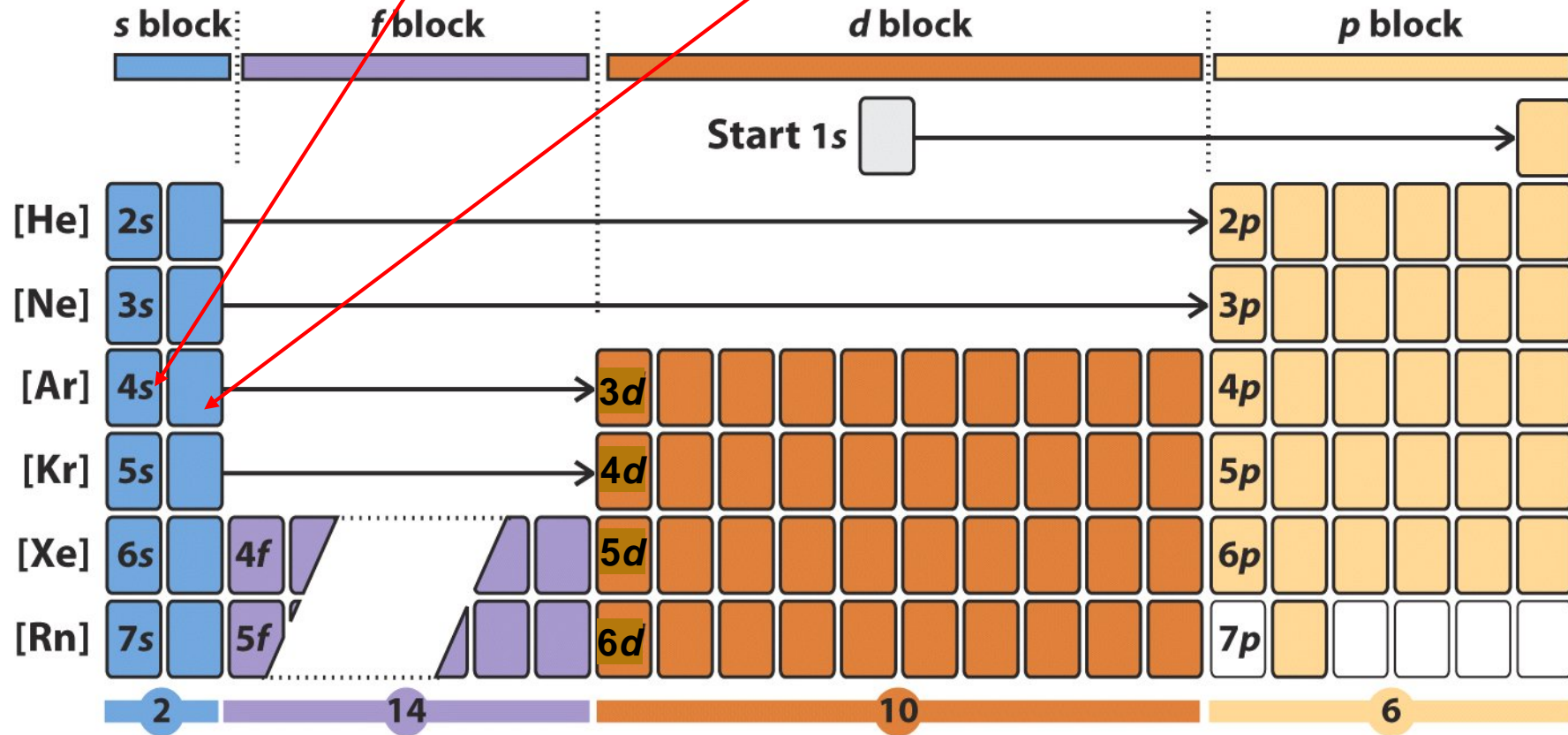
Z=17 Cloro (Cl)



Z=18 Argon (Ar)



Con K ($Z = 19$) e Ca ($Z = 20$) viene
riempito orbitale $4s$ prima dei $3d$



Livelli energetici in atomi della 1^a serie di transizione

K (Z=19) Ca (Z=20) Sc (Z= 21)

Da Sc incominciano a riempirsi i 3d, e sono più stabili dei 4s (in realtà è più complicato: si riempiono tanto i 4s che i 3d).

Anche il riempimento e il semi-riempimento di sottolivelli danno configurazioni stabili.

Ciò è dovuto, almeno in parte, all'accoppiamento di spin tra e⁻ isoenergetici

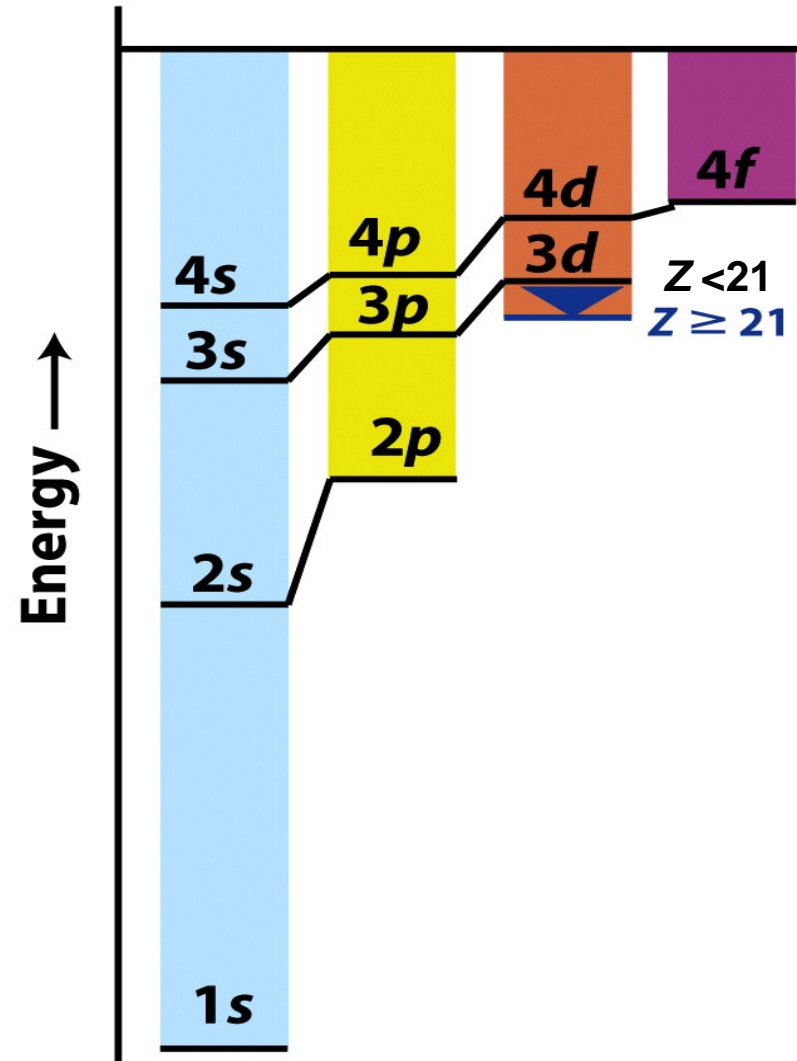
































Figure 1-21

Shriver & Atkins Inorganic Chemistry, Fourth Edition

© 2006 by D. F. Shriver, P. W. Atkins, T. L. Overton, J. P. Rourke, M. T. Weller, and F. A. Armstrong

Configurazioni atomi 4° periodo

Z=19 Potassio (K)	[Ar]4s ¹						
Z=20 Calcio (Ca)	[Ar]4s ²						
Z=21 Scandio (Sc)	[Ar]3d ¹ 4s ²						
Z=22 Titanio (Ti)	[Ar]3d ² 4s ²						
Z=23 Vanadio (V)	[Ar]3d ³ 4s ²						
Z=24 Cromo (Cr)	[Ar]3d ⁵ 4s ¹						
Z=25 Manganese (Mn)	[Ar]3d ⁵ 4s ²						
Z=26 Ferro (Fe)	[Ar]3d ⁶ 4s ²						
Z=27 Cobalto (Co)	[Ar]3d ⁷ 4s ²						
Z=28 Nichel (Ni)	[Ar]3d ⁸ 4s ²						
Z=29 Rame (Cu)	[Ar]3d ¹⁰ 4s ¹						
Z=30 Zinco (Zn)	[Ar]3d ¹⁰ 4s ²						

Ordine riempimento degli orbitali in atomi polielettronici

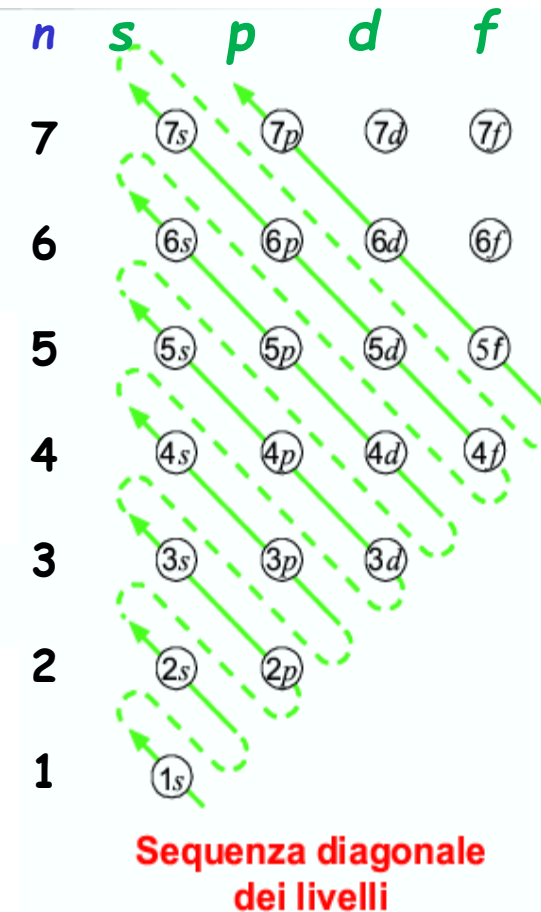
La sequenza diagonale tipica per gli atomi polielettronici presenta alcune "eccezioni":

$1s < 2s < 2p < 3s < 3p < 4s \approx 3d < 4p < 5s \approx 4d < 5p < 6s \approx 4f \approx 5d < 6p < 7s \approx 5f \approx 6d < 7p$

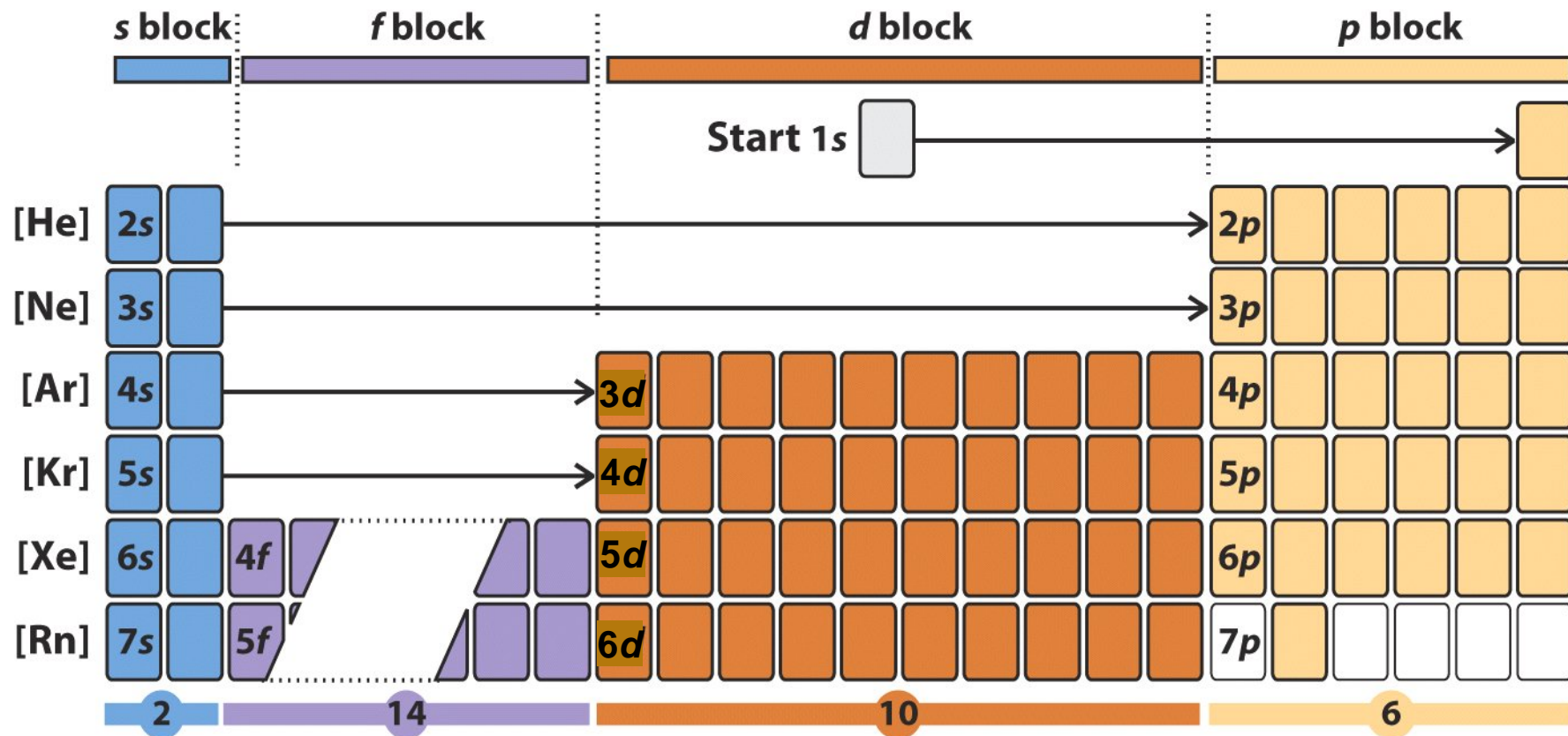
La stabilità associata al **semiriempimento** e al **riempimento di sottolivelli** rende ragione delle "eccezioni"

Cr: [Ar] $3d^5 4s^1$ Cu: [Ar] $3d^{10} 4s^1$

Nel 1° e 2° gruppo: riempimento di sottolivelli s. Poi, dal 4° periodo, si ha il riempimento del **sottolivello (n-1)d**, subito dopo ns^1 e ns^2 che, per atomi neutri con $Z = 19$ e 20 , sono più stabili



Ordine di riempimento degli orbitali in atomi polielettronici e tavola periodica



PARAMAGNETISMO E DIAMAGNETISMO

Sostanze
paramagnetiche



Vengono "attirate"
all'interno di campi magnetici

Sostanze
diamagnetiche



Sono indifferenti a campi
magnetici

H, Li, B, C, N, O, F

paramagnetici (elettroni
spaiati, quasi sempre Z dispari,
oppure a spin paralleli)

He, Ne e Be

diamagnetici (elettroni appaiati)

Metalli di transizione sono spesso paramagnetici per
fenomeno accoppiamento di spin

[illegible]

58	140,12 4,3	59	140,9077 4,3	60	144,24 3	61	(145) 3	62	150,4 3,2	63	151,96 3,2	64	157,25 3	65	158,9254 4,3	66	162,5 3	67	164,9304 3	68	167,26 3	69	168,9342 3,2	70	173,04 3,2	71	174,9 3
6,9 3923	Ce	6,48 9309 3512	Pr	6,96 1015,9 3998	Nd	7,22 1080 2460	Pm	7,75 1071,9 1791	Sm	5,24 1897 1567	7,9 1311,9 3296	Gd	8,23 1356,9 3223	Tb	8,55 1407 2562	Dy	8,7 1469,9 2695	Ho	9,07 1497 2863	Er	9,32 1544,9 1947	Tm	6,97 823,9 1194	Yb	9,84 1862,9 3395	Lu	
Cerio		Praseodimio		Neodimio		Promezio		Samario		Europio		Gadolinio		Terbio		Disprosio		Olmio		Erbio		Tulio		Itterbio		Lutezio	
90	232,0381 4	91	(209) 5,043	92	238,029 6,54,3	93	237,048 6,54,3	94	(244) 6,54,3	95	(243) 6,54,3	96	(247) 4,3	97	(247) 4,3	98	(251) 4,3	99	(252) 4,3	100	(257) 3,3	101	(258) 4,3	102	(259) 3,2	103	(261) 3,2
11,3 1842, 4788	Th	1560	Pa	18,7 1129,4 4134	U	20,25 83,9 3902	Np	19,84 865 3230	Pu	13,67 1175 2614	13,51 1340	Cm		Bk		Cf		Es		Fm		Md		No		Lr	
Torio		Protoattinio		Uranio		Nettunio		Plutonio		Americio		Curio		Berchelio		Californio		Einsteinio		Fermio		Mendelevio		Nobelio		Laurencio	

67
3
U
(60)
2

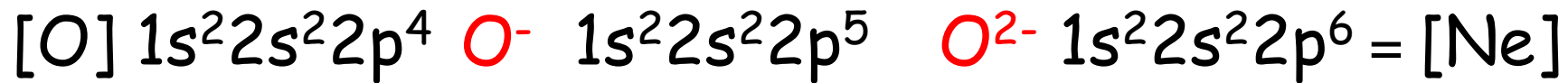
Serie dei Lantanidi

drogaster.



Serie degli Attinidi

CONFIGURAZIONE ELETTRONICA DI IONI



Ioni monoatomici "stabili" hanno spesso configurazione a (ottetto) del gas nobile più vicino: gli anioni di quello seguente, i cationi di quello che precede.

I cationi dei metalli di transizione hanno sempre configurazione "idrogenoide": vengono persi gli e^- dagli orbitali ns e preservati (parte di) quelli in $(n-1)d$, perché il nr quantico n è dominante nel determinare la configurazione elettronica (repulsione elettronica meno rilevante). Al crescere di Z oltre 21(Sc), i 3d diventano sempre più stabili dei 4s: cresce carica (e Z^*) del nucleo.