

LA STRUTTURA DEGLI ATOMI

GLI SPETTRI ATOMICI DI EMISSIONE

Spettro atomico = insieme delle **righe spettrali** derivanti dall'emissione di energia provocata dall'interazione delle **radiazioni elettromagnetiche** con gli atomi \Rightarrow informazioni dell'organizzazione degli elettroni negli atomi



(a) litio (Li)



(b) sodio (Na)



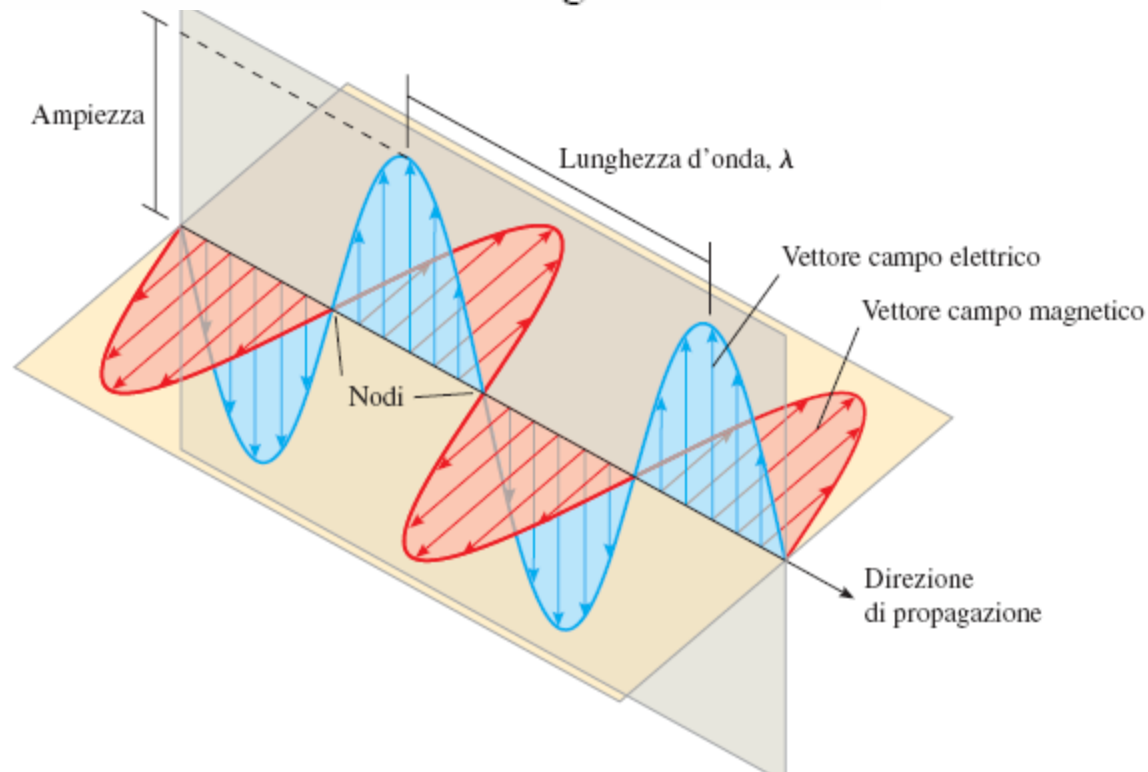
(c) potassio (K)



(d) rubidio (Rb)

LA RADIAZIONE ELETTROMAGNETICA

Radiazione elettromagnetica = **energia** che si propaga per mezzo di un campo elettrico ed uno magnetico che oscillano perpendicolari alla direzione di propagazione dell'energia.



lunghezza d'onda λ

distanza tra due punti identici di onde adiacenti
(nm)

frequenza ν

numero di creste che passano in un determinato
punto nell'unità di tempo
(Hz = 1 ciclo al secondo = s^{-1})

LA RADIAZIONE ELETTROMAGNETICA

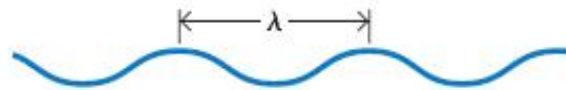
La radiazione elettromagnetica si muove nel vuoto con una velocità $c = 3.00 \times 10^8$ m/s uguale per tutte le lunghezze d'onda. La **lunghezza d'onda** (λ) e la **frequenza** (ν) della radiazione sono correlate tra loro e precisamente a lunghezze d'onda brevi corrispondono frequenze elevate mentre a lunghezze d'onda lunghe corrispondono frequenze basse.

$$c = \lambda \times \nu$$



(a)

Maggiore lunghezza d'onda

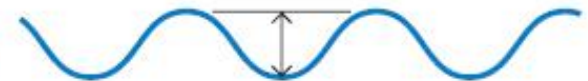


(b)

Minore ampiezza



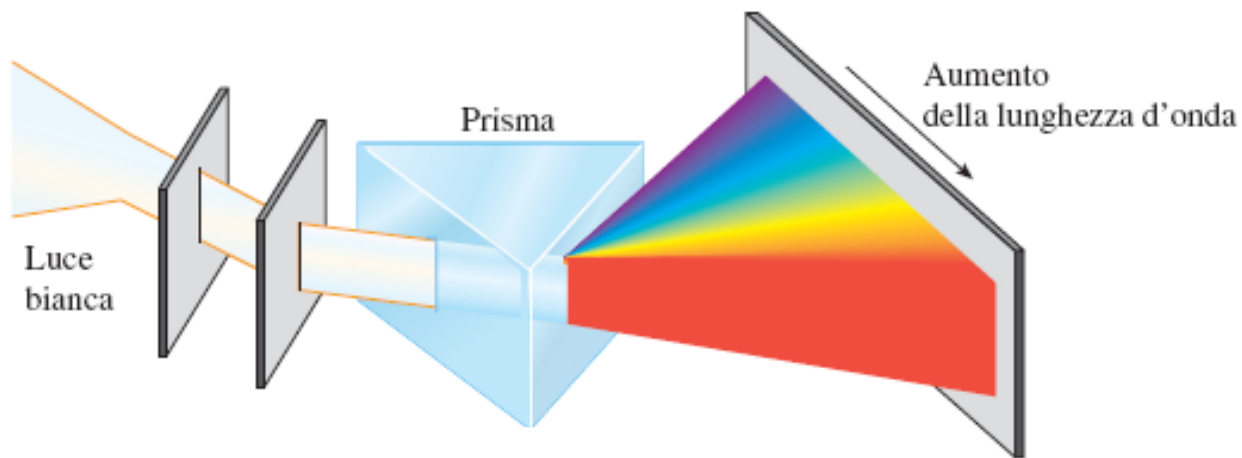
Maggiore ampiezza



(c)

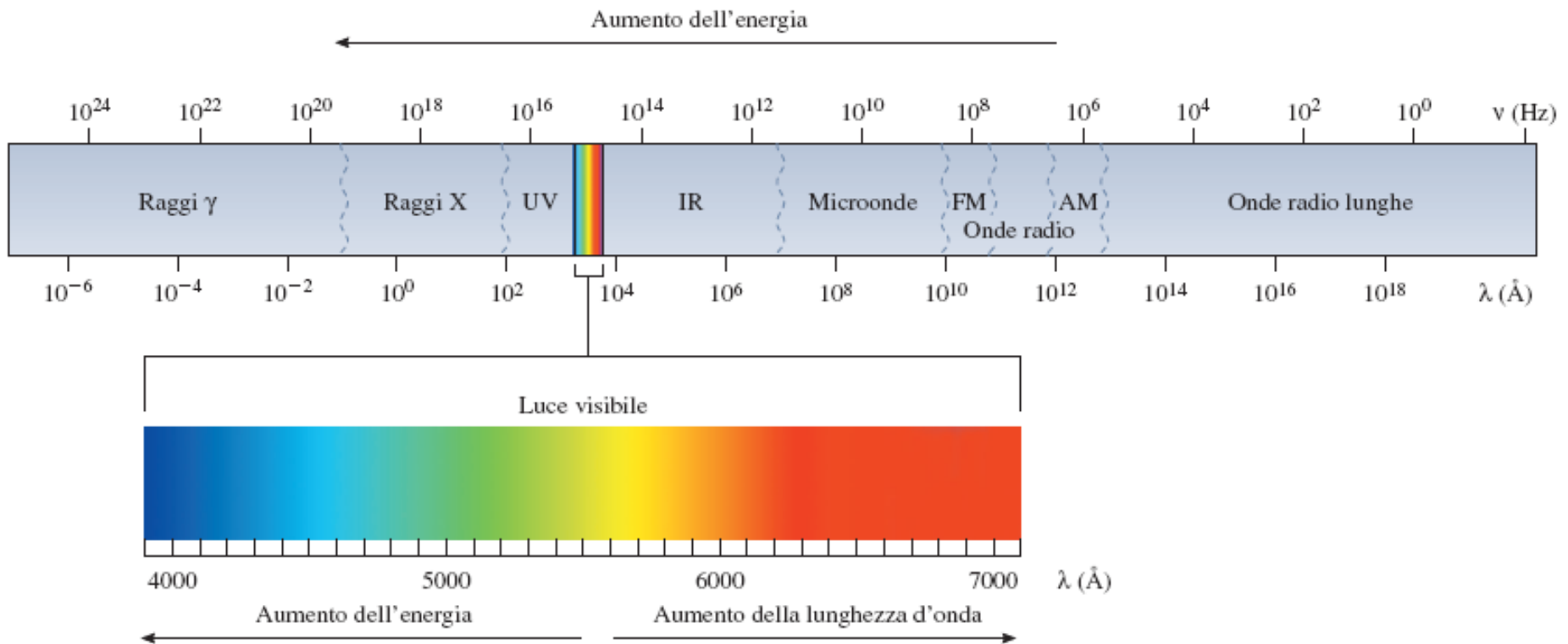
LA RADIAZIONE ELETTROMAGNETICA

La luce del sole (luce bianca) è composta da radiazioni elettromagnetiche a diverse λ e ν che possono essere separate per passaggio attraverso un prisma.



LO SPETTRO ELETTROMAGNETICO

Spettro elettromagnetico = l'insieme delle radiazioni elettromagnetiche caratterizzate da tutte le possibili lunghezze d'onda, classificate secondo l'ordine crescente o decrescente di λ e ν .



LA QUANTIZZAZIONE DELL'ENERGIA

*La luce si può considerare costituita da pacchetti **discreti** di energia detti fotoni. L'energia di un fotone è direttamente proporzionale alla frequenza della radiazione.*

$$E = h\nu = h \frac{c}{\lambda}$$

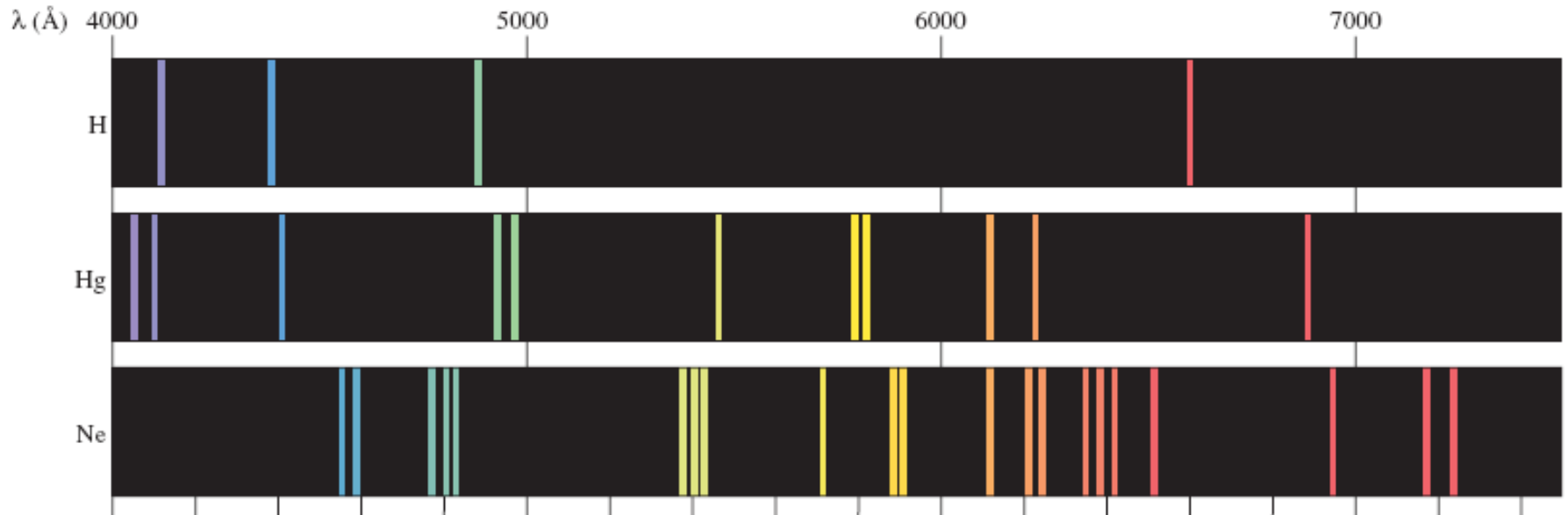
Equazione di Planck

$$h = \text{costante di Planck} = 6.63 \times 10^{-34} \text{ J s}$$

Fotoni = particelle costituenti la luce. Ogni fotone possiede una quantità di energia, detto **quanto**, in relazione alla frequenza della relativa radiazione elettromagnetica

GLI SPETTRI ATOMICI DI EMISSIONE

Ogni elemento ha un suo spettro atomico a righe che lo caratterizza. Gli spettri atomici sono dunque come un'impronta digitale dell'elemento chimico.



L'equazione di Rydberg

$$\frac{1}{\lambda} = R \left(\frac{1}{n_1^2} - \frac{1}{n_2^2} \right)$$

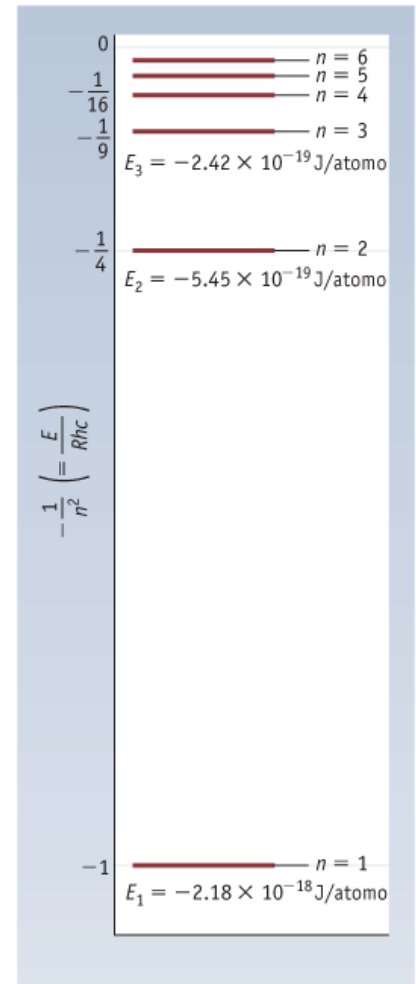
$$R = 1.097 \cdot 10^7 \text{ m}^{-1}$$

IL MODELLO ATOMICO DI BOHR: I LIVELLI ENERGETICI DELL'ATOMO DI IDROGENO

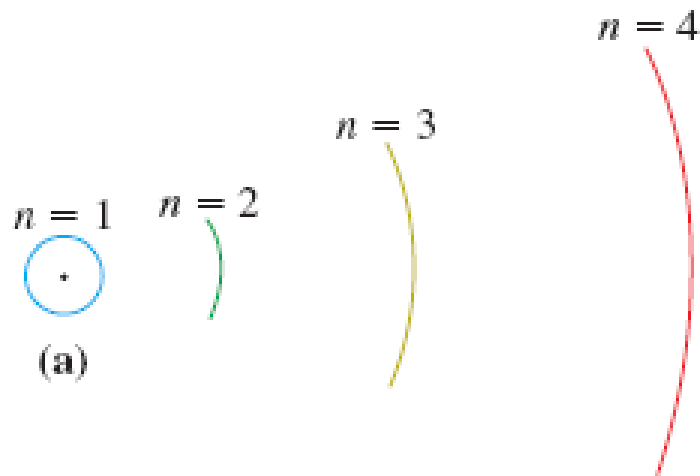
Energia totale dell'elettrone nel livello n

$$E_n = -\frac{R h c}{n^2}$$

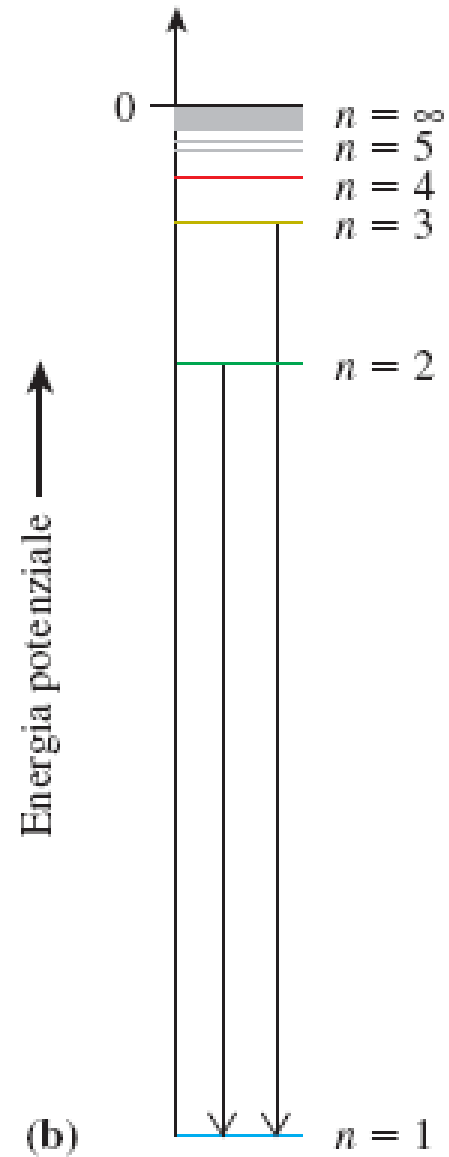
- Bohr stabilì come **energia zero** il punto in cui elettrone e protone sono completamente separati, per cui l'**elettrone** in ogni suo stato energetico **all'interno dell'atomo** ha un'**energia negativa**;
- **n** definisce l'energia degli **orbitali permessi**;
- Un atomo che ha i suoi elettroni nei livelli energetici più bassi si trova nello **stato fondamentale**; l'atomo di idrogeno è nel suo stato di **minima energia: stato fondamentale** con **n = 1**;
- Per l'atomo di idrogeno, gli stati con energia maggiore **n > 1** sono detti **stati eccitati**. Per valori di n maggiori, l'elettrone è più lontano dal nucleo;
- I livelli energetici sono sempre **più vicini tra di loro** al crescere di n.



IL MODELLO ATOMICO DI BOHR

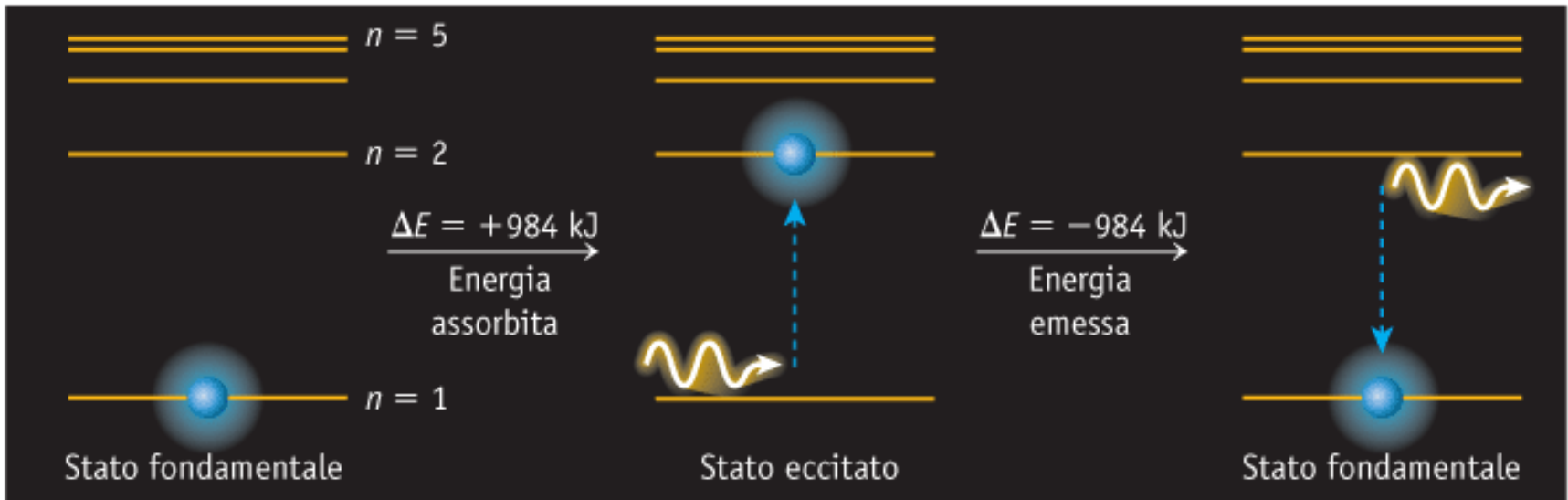


(a)



(b)

IL MODELLO ATOMICO DI BOHR



Quando un elettrone eccitato passa ad uno stato energetico inferiore emette energia sottoforma di un fotone di luce:

$$\Delta E = h\nu = E_{\text{fin}} - E_{\text{in}}$$

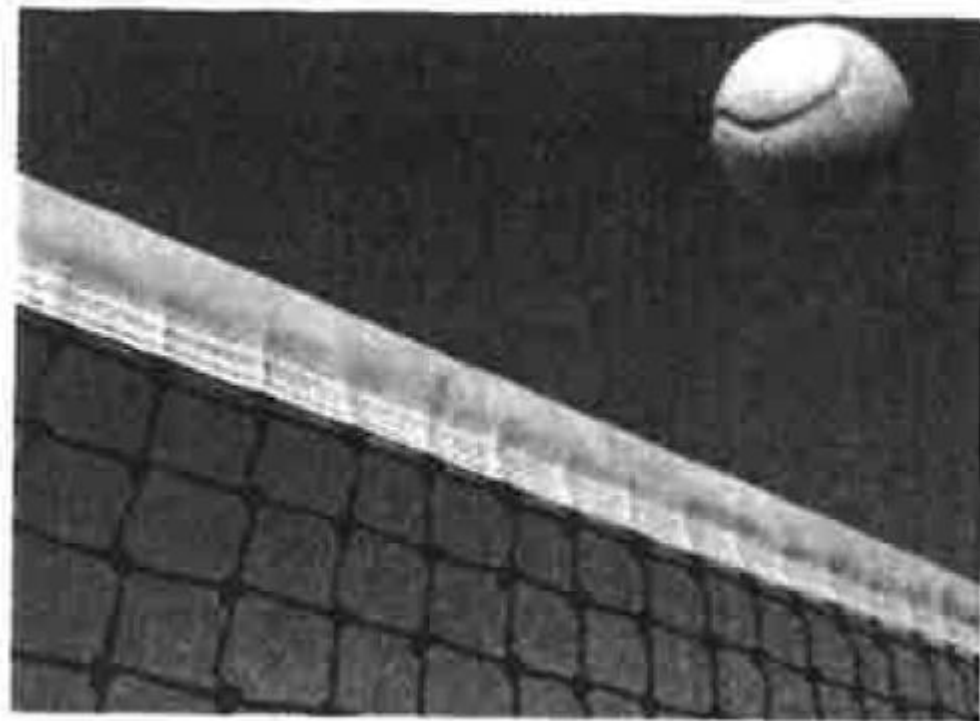
IL MODELLO QUANTO-MECCANICO

L'equazione di **De Broglie** e il **dualismo onda-particella**

$$\lambda = \frac{h}{mv}$$

Il principio di **Indeterminazione di Heisenberg**

E' impossibile conoscere **contemporaneamente con precisione la posizione e l'energia di un elettrone.**



IL MODELLO QUANTO-MECCANICO

L'equazione di De Broglie e il dualismo onda-particella

$$\lambda = \frac{h}{mv}$$

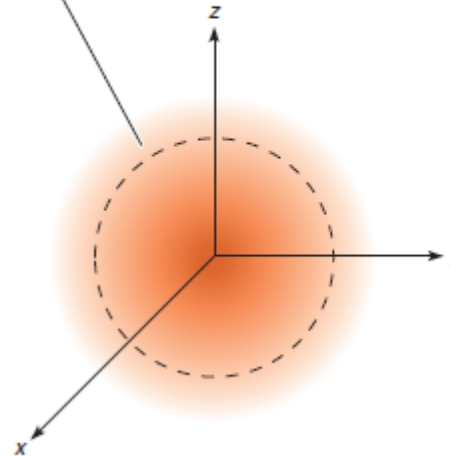
Il principio di Indeterminazione di Heisenberg

E' impossibile conoscere contemporaneamente con precisione la posizione e l'energia di un elettrone.

L'equazione di Schrödinger

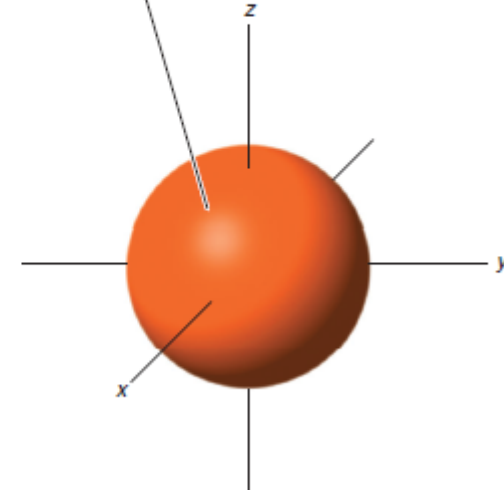
$$H\Psi = E\Psi$$

L'intensità della colorazione è proporzionale alla probabilità di trovare l'elettrone in un dato punto. La linea tratteggiata delimita il volume entro il quale c'è una probabilità del 90% di trovare l'elettrone.



(a)

In questa rappresentazione, l'orbitale racchiude il volume all'interno del quale c'è una probabilità del 90% di trovare un elettrone. La variazione di densità elettronica all'interno dell'orbitale non viene evidenziata.



(b)

IL MODELLO QUANTO-MECCANICO

L'equazione di **Schrödinger**

$$H\Psi = E\Psi$$

- Solo **certe funzioni d'onda** sono possibili e a ciascuna di esse è associato un valore di energia: **l'energia dell'elettrone è quantizzata**;
- Le soluzioni dell'equazione di Schrödinger per un elettrone nello spazio dipendono da **3 numeri interi**, detti **numeri quantici**; solo **certe combinazioni** dei loro valori sono possibili;
- Il valore della funzione d'onda in un dato punto nello spazio è **l'ampiezza dell'onda** associata all'elettrone; questo valore possiede **un segno** che può essere negativo o positivo;
- Il **quadrato della funzione d'onda** è legato alla probabilità di trovare l'elettrone in una data zona di spazio, si chiama **densità di probabilità** o **densità elettronica**.

I NUMERI QUANTICI

Numeri quantici : ciascun orbitale è definito da tre numeri quantici. Essi definiscono i livelli di energia e le forme degli orbitali

numero quantico principale n : definisce il livello d'energia o guscio che l'elettrone può occupare. Al 1 livello corrisponde $n = 1$ (stato di energia minima \Rightarrow *stato fondamentale*), al 2 livello $n = 2$ *etc.* n può essere qualsiasi numero intero positivo.

$$n = 1, 2, 3, 4, \dots$$

numero quantico secondario l : definisce la forma della regione di spazio che un elettrone può occupare. Il numero quantico l identifica un sottolivello d'energia. Può essere qualsiasi numero intero positivo tra 0 e $n-1$. Ciascun valore corrisponde ad una forma orbitalica.

$$l = 0, 1, 2, 3, \dots, (n-1)$$

$l = 0 \Rightarrow$ orbitale s

$l = 1 \Rightarrow$ orbitale p

$l = 2 \Rightarrow$ orbitale d

$l = 3 \Rightarrow$ orbitale f

I NUMERI QUANTICI

numero quantico magnetico m_l : indica uno specifico orbitale all'interno del sottolivello. Gli orbitali di ogni sottolivello differiscono solo per l'orientamento nello spazio ma non per l'energia. Un sottostrato di numero quantico l sarà costituito da $2l + 1$ singoli orbitali di quel genere. m_l può essere qualsiasi numero intero tra $-l$ e $+l$

$$m_l = (-l), \dots, 0, \dots, (+l)$$

TABELLA 4-8 Valori consentiti dei numeri quantici fino ad $n = 4$

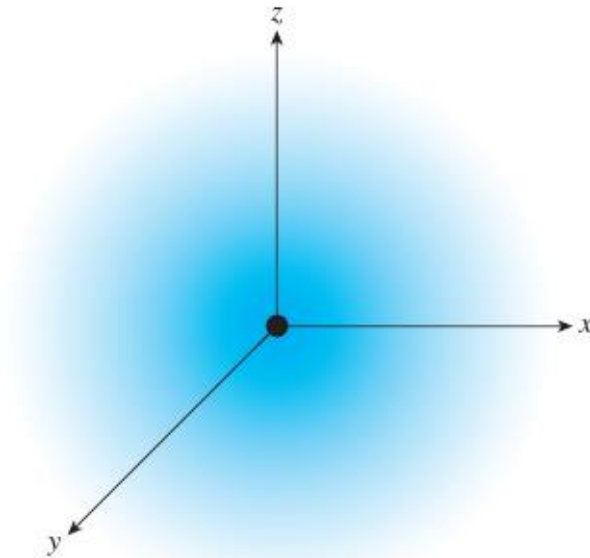
n	ℓ	m_ℓ	m_s	Numero massimo di elettroni in un sottolivello = $4\ell + 2$	Numero massimo di elettroni per un livello energetico = $2n^2$
1	0 (1s)	0	$+\frac{1}{2}, -\frac{1}{2}$	2	2
2	0 (2s)	0	$+\frac{1}{2}, -\frac{1}{2}$	2	8
	1 (2p)	-1, 0, +1	$\pm\frac{1}{2}$ per ogni valore di m_ℓ	6	
3	0 (3s)	0	$+\frac{1}{2}, -\frac{1}{2}$	2	18
	1 (3p)	-1, 0, +1	$\pm\frac{1}{2}$ per ogni valore di m_ℓ	6	
	2 (3d)	-2, -1, 0, +1, +2	$\pm\frac{1}{2}$ per ogni valore di m_ℓ	10	
4	0 (4s)	0	$+\frac{1}{2}, -\frac{1}{2}$	2	32
	1 (4p)	-1, 0, +1	$\pm\frac{1}{2}$ per ogni valore di m_ℓ	6	
	2 (4d)	-2, -1, 0, +1, +2	$\pm\frac{1}{2}$ per ogni valore di m_ℓ	10	
	3 (4f)	-3, -2, -1, 0, +1, +2, +3	$\pm\frac{1}{2}$ per ogni valore di m_ℓ	14	

GLI ORBITALI ATOMICI

Orbitale atomico = regione nello spazio nella quale esiste una elevata probabilità di trovare l'elettrone

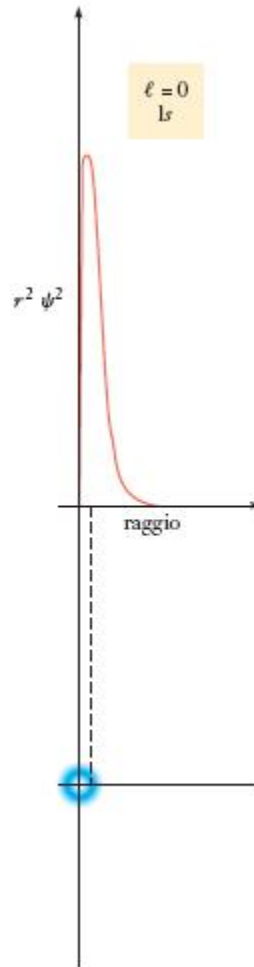
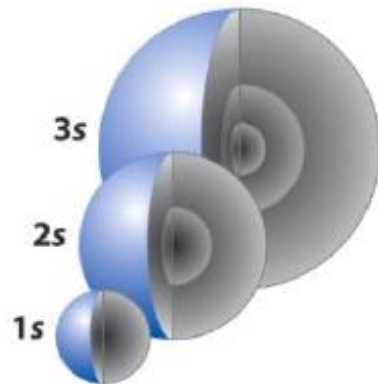
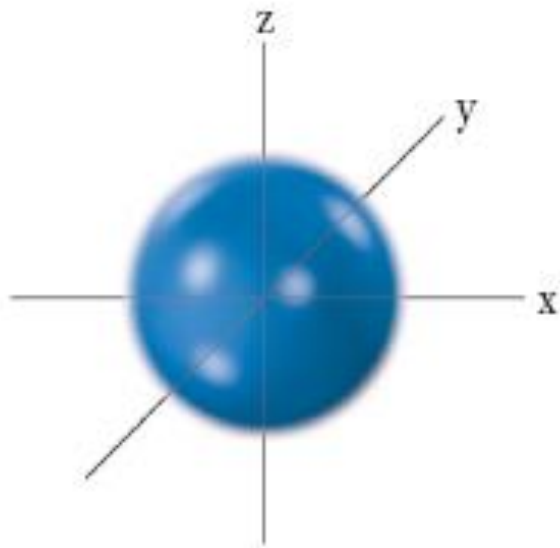
La collocazione dell'elettrone in un atomo si descrive tramite una nube di posizioni probabili. Le sagome più importanti di tali nubi sono quelle corrispondenti agli orbitali sferici, *s*, a quelli bilobati, *p* e agli orbitali *d*.

Ad ogni orbitale corrisponde un definito livello energetico

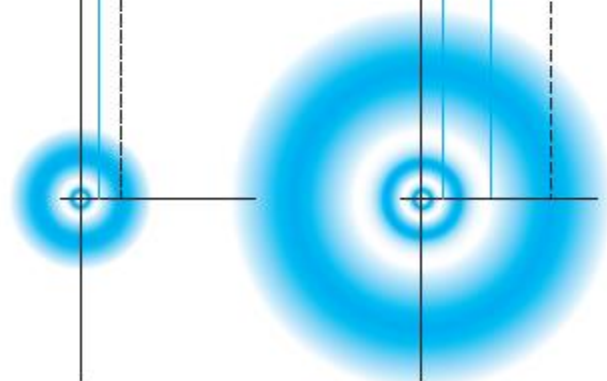
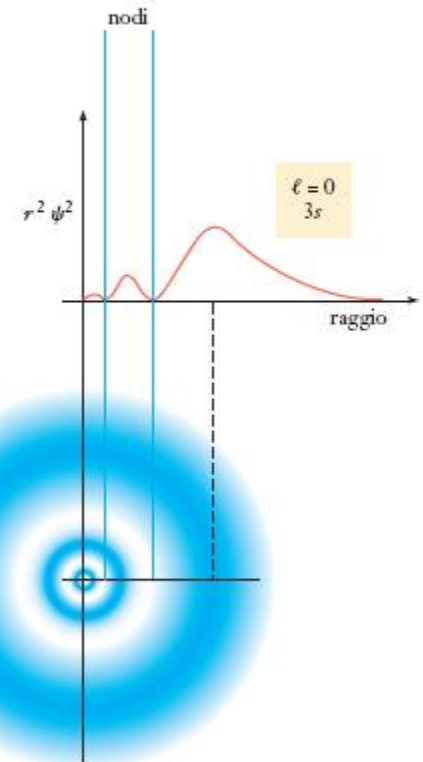
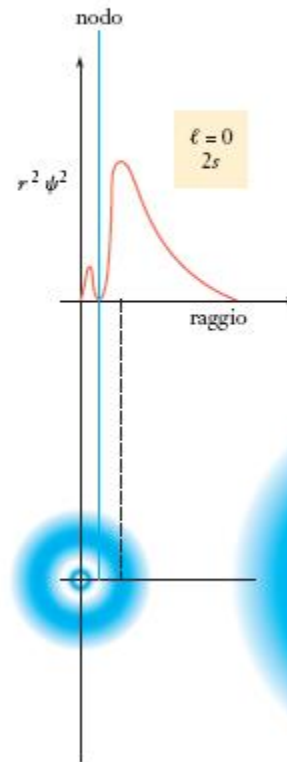


L'ORBIALE s

orbitale s } Possiede una simmetria sferica per cui la densità elettronica è la stessa indipendentemente dalla direzione che si considera partendo dal nucleo.



Diagrammi della distribuzione della densità elettronica associata agli orbitali s

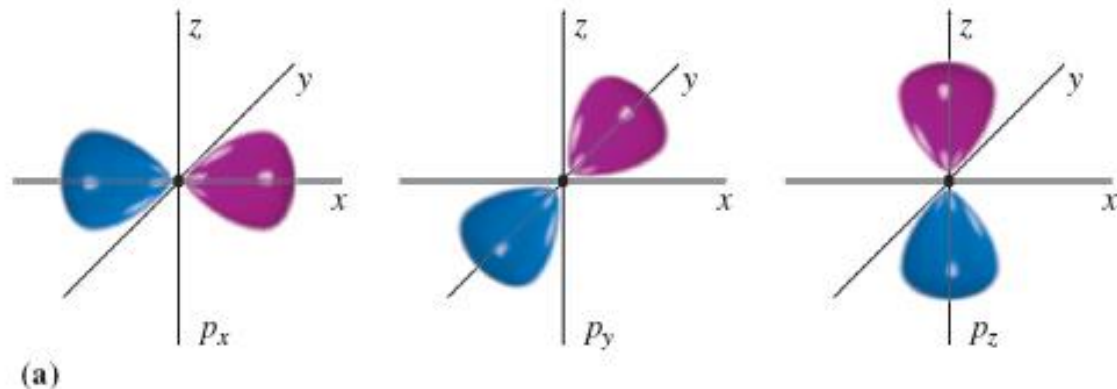
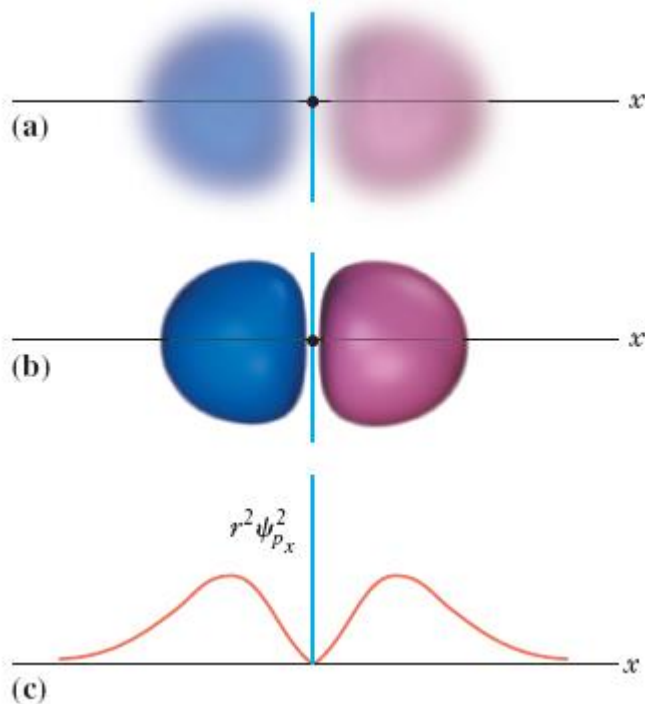


GLI ORBITALI p

orbitale
 p

Corrisponde a una nuvola dotata di due lobi ai lati opposti del nucleo. I lobi sono la regione di spazio in cui la probabilità di trovare l'elettrone è diversa da zero. I due lobi sono separati da una regione piana che chiamiamo **piano nodale** che taglia il nucleo. La probabilità di trovare l'elettrone nel piano nodale e quindi sul nucleo è nulla. La densità elettronica di un orbitale p non è la stessa in ogni direzione. Per una data energia esistono tre orbitali p orientati secondo tre assi perpendicolari: p_z , p_x , p_y

Piano nodale

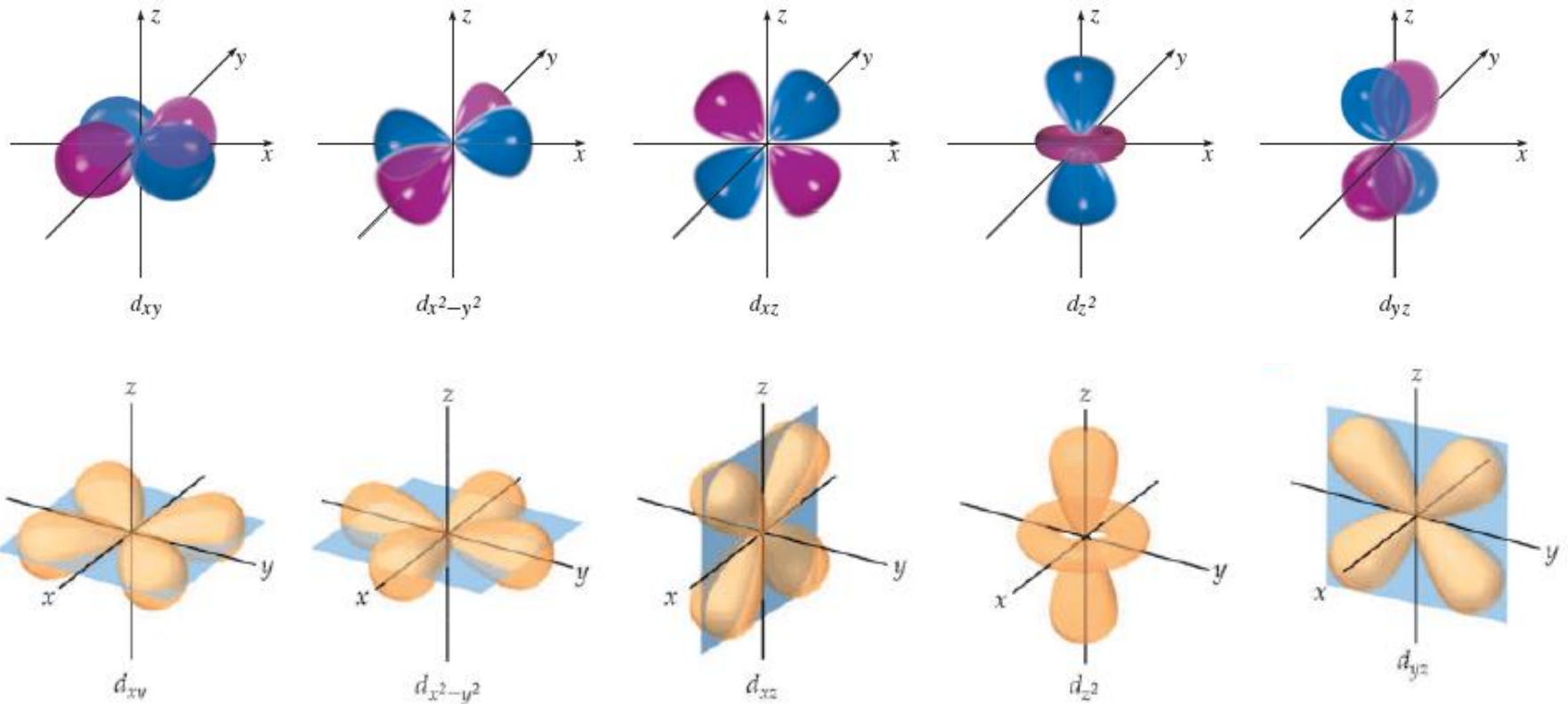


GLI ORBITALI d

orbitale

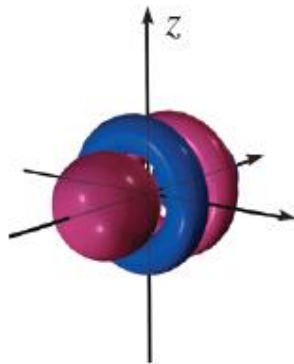
d

Anche gli orbitali *d* sono provvisti di piani nodali in cui la probabilità di trovare gli elettroni è nulla. Per una data energia esistono cinque orbitali *d*: d_{yz} , d_{xz} , d_{xy} , $d_{x^2-y^2}$, d_{z^2} . I lobi degli orbitali $d_{x^2-y^2}$ e d_{z^2} giacciono lungo gli assi, mentre i lobi degli altri orbitali sono lungo le bisettrici

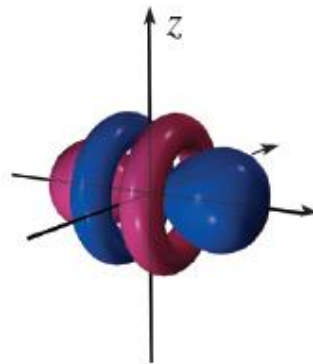


GLI ORBITALI f

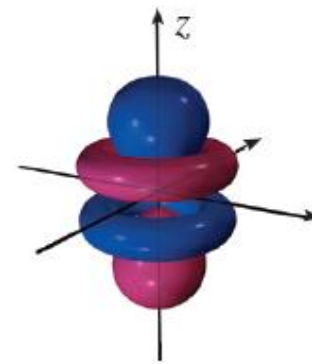
orbitale f { Anche gli orbitali f sono provvisti di piani nodali in cui la probabilità di trovare gli elettroni è nulla. Per una data energia esistono sette orbitali f



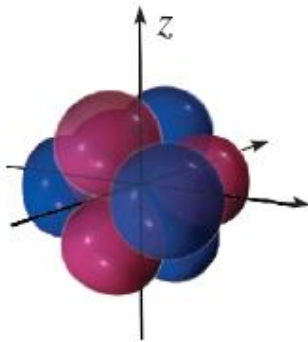
$$f_y^3 - \frac{3}{5} y r^2$$



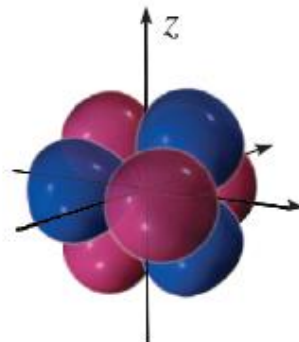
$$f_y^3 - \frac{3}{5} x r^2$$



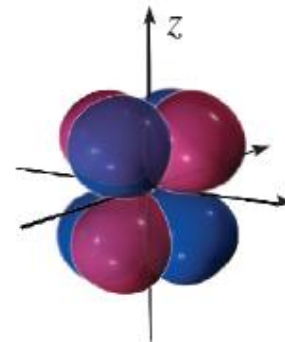
$$f_y^3 - \frac{3}{5} z r^2$$



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



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



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



$$f_{xyz}$$

IL MODELLO QUANTO-MECCANICO

L'equazione di **Schrödinger**

$$H\Psi = E\Psi$$

- Ogni soluzione dell'equazione di Schrödinger descrive un **possibile stato energetico** dell'elettrone dentro l'atomo;
- Ogni soluzione dell'equazione di Schrödinger è definita da un insieme di **numeri quantici**;
- Le soluzioni dell'equazione di Schrödinger danno informazioni anche sulla **forma** e l'**orientazione** delle probabilità di densità elettronica che sono espresse in termini dei cosiddetti **orbitali atomici**;
- **Gli orbitali atomici sono definiti dai numeri quantici**;
- Un **orbitale atomico** è una regione di spazio in cui si ha un'**elevata probabilità** di trovare un elettrone.

GLI ORBITALI

^{21}Sc electronic distribution
(translucent orbitals)

www.quimica3d.com

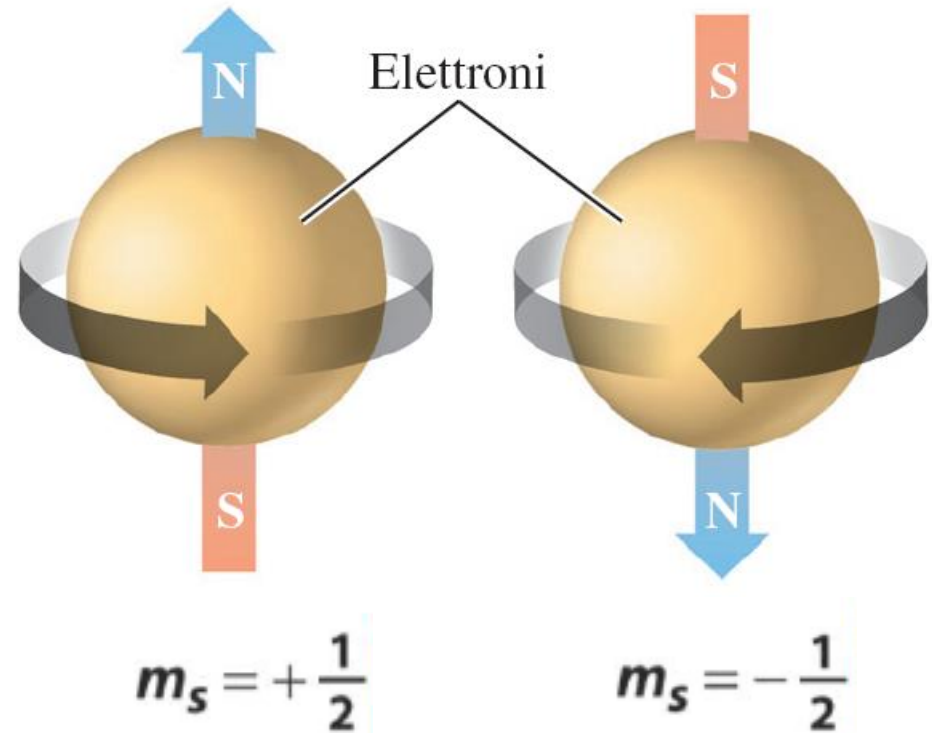
October, 2009

I NUMERI QUANTICI

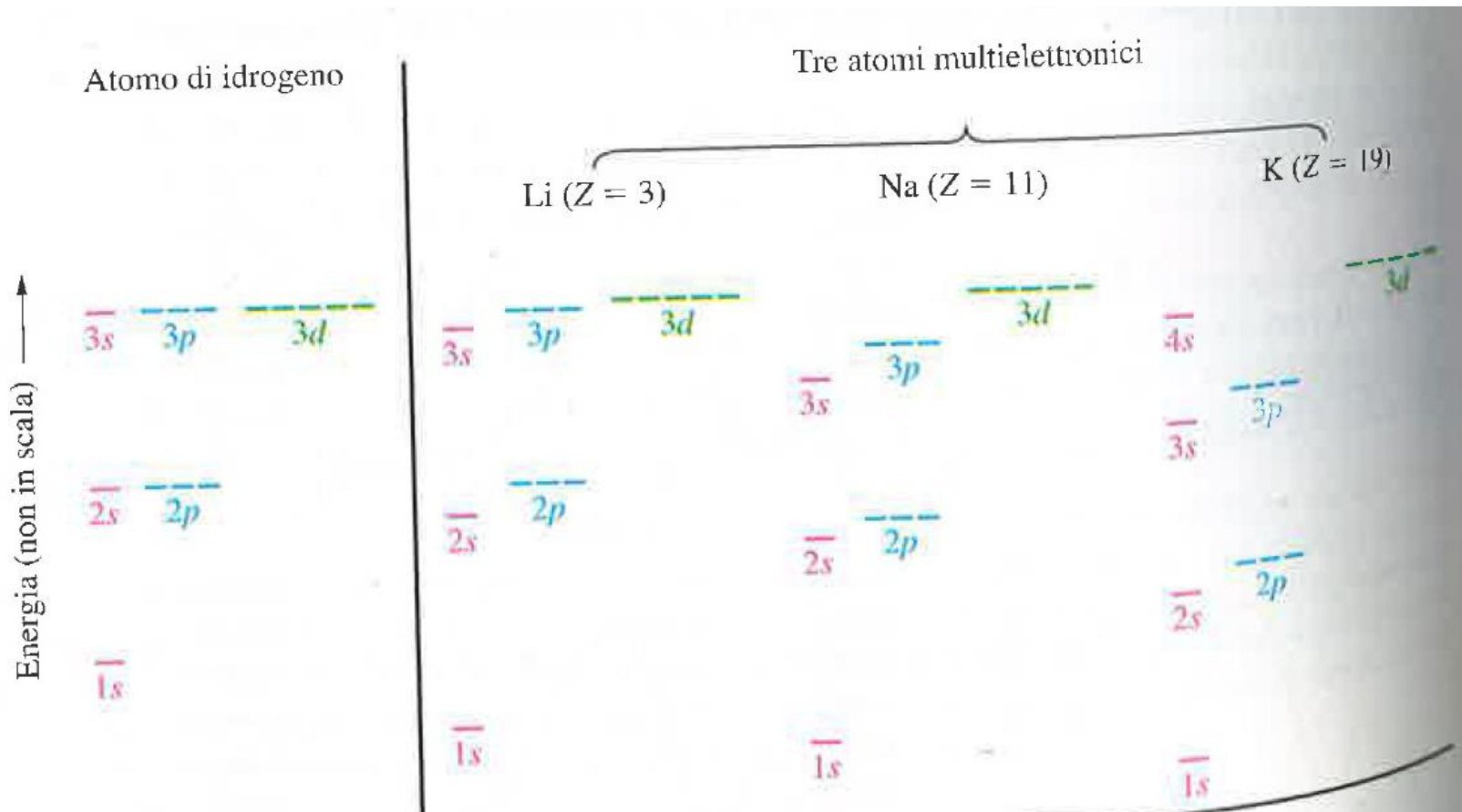
numero quantico di spin m_s : si riferisce alla rotazione su se stesso di un elettrone

$$m_s = \pm 1/2$$

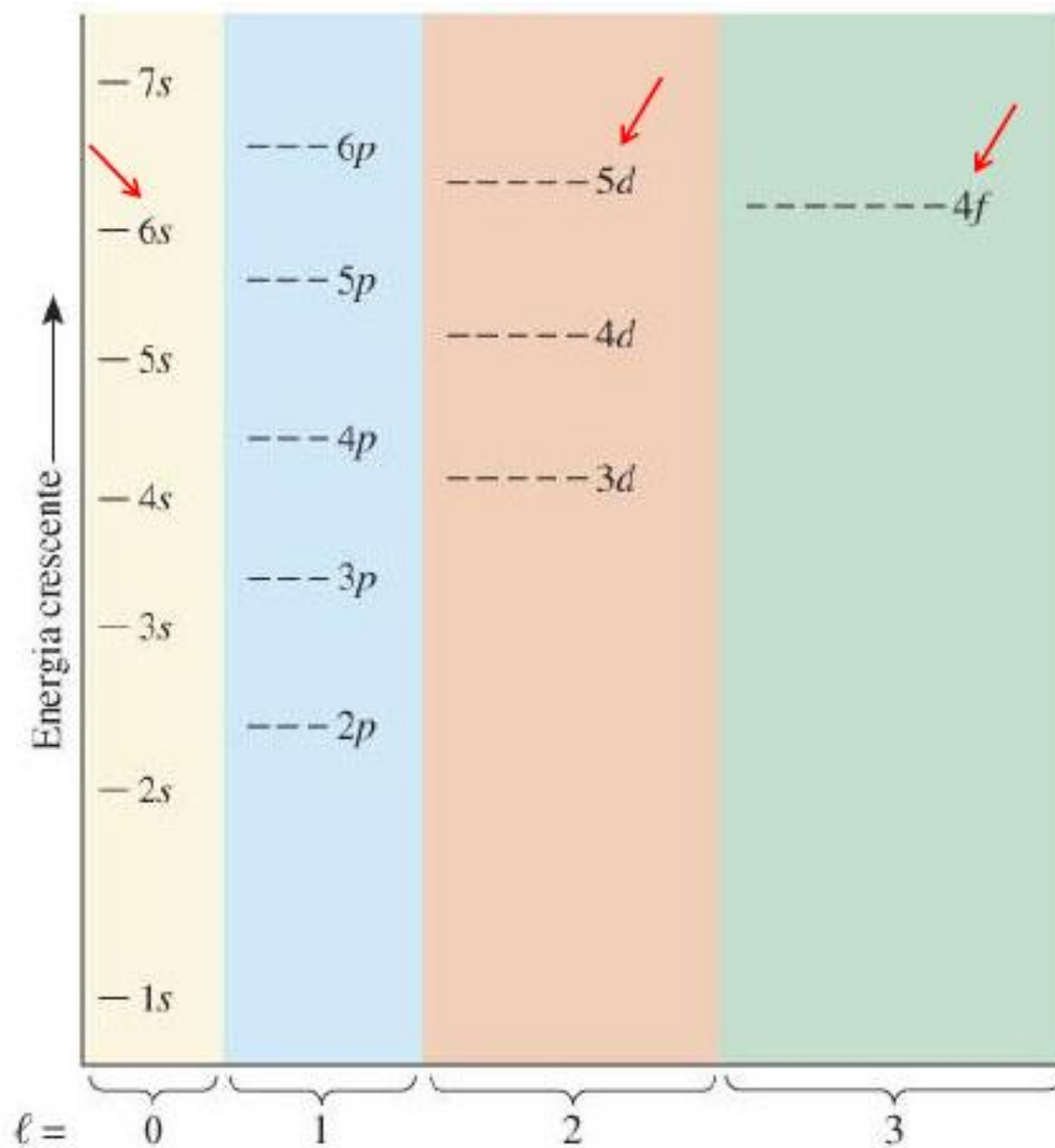
L'elettrone è in grado di ruotare su se stesso in senso orario o in senso antiorario alla stessa velocità (**spin**).
 m_s può essere $+1/2$ o $-1/2$



L'ENERGIA DEGLI ORBITALI



L'ENERGIA DEGLI ORBITALI



CONFIGURAZIONE ELETTRONICA

Nello **stato fondamentale** di un atomo multielettronico gli elettroni occupano gli orbitali atomici in maniera tale che l'energia totale dell'atomo sia la minima possibile

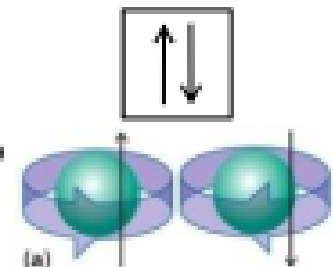
Principio di Aufbau

- ✓ Inserire il numero appropriato di protoni e neutroni nel nucleo come specificato dal numero atomico (Z) e dal numero di massa (A)
- ✓ Inserire il numero necessario di elettroni negli orbitali in modo che si abbia la minima energia totale possibile



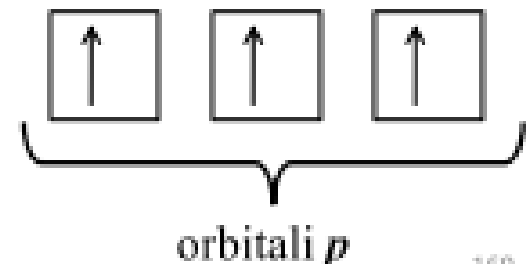
Principio di esclusione di Pauli

Non è possibile che più di due elettroni occupino il medesimo orbitale. Quando lo fanno i loro spin debbono appaiarsi



Regala di Hund

Gli elettroni occupano tutti gli orbitali di un determinato sottolivello prima di accoppiarsi. Questi elettroni spaiati hanno spin paralleli



CONFIGURAZIONE ELETTRONICA

Elemento	N. tot. elettr.	AufBau				Notazione spettroscopica
		1s	2s	2p	3s	
H	1	↑				$1s^1$

CONFIGURAZIONE ELETTRONICA

Atomo	Diagramma orbitalico					Configurazione elettronica
B	$\left(\begin{array}{c} \uparrow \\ \downarrow \end{array}\right)$	$\left(\begin{array}{c} \uparrow \\ \downarrow \end{array}\right)$	$\left(\begin{array}{c} \uparrow \\ \end{array}\right)$	$\left(\right)$	$\left(\right)$	$1s^2 2s^2 2p^1$
C	$\left(\begin{array}{c} \uparrow \\ \downarrow \end{array}\right)$	$\left(\begin{array}{c} \uparrow \\ \downarrow \end{array}\right)$	$\left(\begin{array}{c} \uparrow \\ \end{array}\right)$	$\left(\begin{array}{c} \uparrow \\ \end{array}\right)$	$\left(\right)$	$1s^2 2s^2 2p^2$
N	$\left(\begin{array}{c} \uparrow \\ \downarrow \end{array}\right)$	$\left(\begin{array}{c} \uparrow \\ \downarrow \end{array}\right)$	$\left(\begin{array}{c} \uparrow \\ \end{array}\right)$	$\left(\begin{array}{c} \uparrow \\ \end{array}\right)$	$\left(\begin{array}{c} \uparrow \\ \end{array}\right)$	$1s^2 2s^2 2p^3$
O	$\left(\begin{array}{c} \uparrow \\ \downarrow \end{array}\right)$	$\left(\begin{array}{c} \uparrow \\ \downarrow \end{array}\right)$	$\left(\begin{array}{c} \uparrow \\ \downarrow \end{array}\right)$	$\left(\begin{array}{c} \uparrow \\ \end{array}\right)$	$\left(\begin{array}{c} \uparrow \\ \end{array}\right)$	$1s^2 2s^2 2p^4$
F	$\left(\begin{array}{c} \uparrow \\ \downarrow \end{array}\right)$	$\left(\begin{array}{c} \uparrow \\ \downarrow \end{array}\right)$	$\left(\begin{array}{c} \uparrow \\ \downarrow \end{array}\right)$	$\left(\begin{array}{c} \uparrow \\ \downarrow \end{array}\right)$	$\left(\begin{array}{c} \uparrow \\ \end{array}\right)$	$1s^2 2s^2 2p^5$
Ne	$\left(\begin{array}{c} \uparrow \\ \downarrow \end{array}\right)$	$\left(\begin{array}{c} \uparrow \\ \downarrow \end{array}\right)$	$\left(\begin{array}{c} \uparrow \\ \downarrow \end{array}\right)$	$\left(\begin{array}{c} \uparrow \\ \downarrow \end{array}\right)$	$\left(\begin{array}{c} \uparrow \\ \downarrow \end{array}\right)$	$1s^2 2s^2 2p^6$
	1s	2s	2p			

La tavola periodica

<http://www.rsc.org/periodic-table/>

<http://www.webelements.com/>

<https://www.youtube.com/watch?v=I5H1SeepnaU> (History of Periodic Table)

<https://www.youtube.com/watch?v=fPnwBITSmgU> (La genialità della tavola periodica di Mendeleev)

La tavola periodica compatta completa

1 H hydrogen 1.008 [1,0078, 1.0082]																	2 He helium 4.0026
3 Li lithium 6.94 [6.938, 6.947]	4 Be beryllium 9.0122											5 B boron 10.81 [10.806, 10.821]	6 C carbon 12.011 [12.009, 12.012]	7 N nitrogen 14.007 [14.006, 14.008]	8 O oxygen 15.999 [15.999, 16.000]	9 F fluorine 18.998	10 Ne neon 20.180
11 Na sodium 22.990	12 Mg magnesium 24.305 [24.304, 24.307]											13 Al aluminium 26.982	14 Si silicon 28.086 [28.084, 28.088]	15 P phosphorus 30.974	16 S sulfur 32.06 [32.059, 32.076]	17 Cl chlorine 35.45 [35.446, 35.457]	18 Ar argon 39.948
19 K potassium 39.098	20 Ca calcium 40.078	21 Sc scandium 44.956	22 Ti titanium 47.867	23 V vanadium 50.942	24 Cr chromium 51.996	25 Mn manganese 54.938	26 Fe iron 55.845	27 Co cobalt 58.933	28 Ni nickel 58.693	29 Cu copper 63.546	30 Zn zinc 65.38	31 Ga gallium 69.723	32 Ge germanium 72.630	33 As arsenic 74.922	34 Se selenium 78.971	35 Br bromine 79.904 [79.901, 79.907]	36 Kr krypton 83.798
37 Rb rubidium 85.468	38 Sr strontium 87.62	39 Y yttrium 88.906	40 Zr zirconium 91.224	41 Nb niobium 92.906	42 Mo molybdenum 95.95	43 Tc technetium	44 Ru ruthenium 101.07	45 Rh rhodium 102.91	46 Pd palladium 106.42	47 Ag silver 107.87	48 Cd cadmium 112.41	49 In indium 114.82	50 Sn tin 118.71	51 Sb antimony 121.76	52 Te tellurium 127.80	53 I iodine 126.90 [126.90, 126.91]	54 Xe xenon 131.29
55 Cs cesium 132.91	56 Ba barium 137.33	57-71 lanthanoids	72 Hf hafnium 178.49	73 Ta tantalum 180.96	74 W tungsten 183.84	75 Re rhenium 186.21	76 Os osmium 190.23	77 Ir iridium 192.22	78 Pt platinum 195.08	79 Au gold 196.97	80 Hg mercury 200.59	81 Tl thallium 204.38 [204.38, 204.39]	82 Pb lead 207.2	83 Bi bismuth 208.98	84 Po polonium	85 At astatine	86 Rn radon
87 Fr francium	88 Ra radium	89-103 actinoids	104 Rf rutherfordium	105 Db dubnium	106 Sg seaborgium	107 Bh bohrium	108 Hs hassium	109 Mt meitnerium	110 Ds darmstadtium	111 Rg roentgenium	112 Cn copernicium	113 Nh nihonium	114 Fl flerovium	115 Mc moscovium	116 Lv livermorium	117 Ts tennessine	118 Og oganesson

57 La lanthanum 138.91	58 Ce cerium 140.12	59 Pr praseodymium 140.91	60 Nd neodymium 144.24	61 Pm promethium	62 Sm samarium 150.36	63 Eu europium 151.96	64 Gd gadolinium 157.25	65 Tb terbium 158.93	66 Dy dysprosium 162.50	67 Ho holmium 164.93	68 Er erbium 167.26	69 Tm thulium 168.93	70 Yb ytterbium 173.05	71 Lu lutetium 174.97
89 Ac actinium	90 Th thorium 232.04	91 Pa protactinium 231.04	92 U uranium 238.03	93 Np neptunium	94 Pu plutonium	95 Am americium	96 Cm curium	97 Bk berkelium	98 Cf californium	99 Es einsteinium	100 Fm fermium	101 Md mendelevium	102 No nobelium	103 Lr lawrencium

Tavola periodica in forma estesa (Z crescente)

<i>n</i>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103	104	105	106	107	108	109	110	111	112	113	114	115	116	117	118	119	120	121	122	123	124	125	126	127	128	129	130	131	132	133	134	135	136	137	138	139	140	141	142	143	144	145	146	147	148	149	150	151	152	153	154	155	156	157	158	159	160	161	162	163	164	165	166	167	168	169	170	171	172	173	174	175	176	177	178	179	180	181	182	183	184	185	186	187	188	189	190	191	192	193	194	195	196	197	198	199	200	201	202	203	204	205	206	207	208	209	210	211	212	213	214	215	216	217	218	219	220	221	222	223	224	225	226	227	228	229	230	231	232	233	234	235	236	237	238	239	240	241	242	243	244	245	246	247	248	249	250	251	252	253	254	255	256	257	258	259	260	261	262	263	264	265	266	267	268	269	270	271	272	273	274	275	276	277	278	279	280	281	282	283	284	285	286	287	288	289	290	291	292	293	294	295	296	297	298	299	300	301	302	303	304	305	306	307	308	309	310	311	312	313	314	315	316	317	318	319	320	321	322	323	324	325	326	327	328	329	330	331	332	333	334	335	336	337	338	339	340	341	342	343	344	345	346	347	348	349	350	351	352	353	354	355	356	357	358	359	360	361	362	363	364	365	366	367	368	369	370	371	372	373	374	375	376	377	378	379	380	381	382	383	384	385	386	387	388	389	390	391	392	393	394	395	396	397	398	399	400	401	402	403	404	405	406	407	408	409	410	411	412	413	414	415	416	417	418	419	420	421	422	423	424	425	426	427	428	429	430	431	432	433	434	435	436	437	438	439	440	441	442	443	444	445	446	447	448	449	450	451	452	453	454	455	456	457	458	459	460	461	462	463	464	465	466	467	468	469	470	471	472	473	474	475	476	477	478	479	480	481	482	483	484	485	486	487	488	489	490	491	492	493	494	495	496	497	498	499	500	501	502	503	504	505	506	507	508	509	510	511	512	513	514	515	516	517	518	519	520	521	522	523	524	525	526	527	528	529	530	531	532	533	534	535	536	537	538	539	540	541	542	543	544	545	546	547	548	549	550	551	552	553	554	555	556	557	558	559	560	561
----------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

La tavola periodica compatta

TABELLA 4-5 *La tavola periodica*

Metalli alcalini		Metalli di transizione										Alogeni					Gas nobili
1A (1)	2A (2)	3B (3)	4B (4)	5B (5)	6B (6)	7B (7)	8B (8) (9) (10)			1B (11)	2B (12)	3A (13)	4A (14)	5A (15)	6A (16)	7A (17)	8A (18)
1 H												5 B	6 C	7 N	8 O	9 F	10 Ne
2 Li	4 Be											13 Al	14 Si	15 P	16 S	17 Cl	18 Ar
3 Na	12 Mg											31 Ga	32 Ge	33 As	34 Se	35 Br	36 Kr
4 K	20 Ca	21 Sc	22 Ti	23 V	24 Cr	25 Mn	26 Fe	27 Co	28 Ni	29 Cu	30 Zn	49 In	50 Sn	51 Sb	52 Te	53 I	54 Xe
5 Rb	38 Sr	39 Y	40 Zr	41 Nb	42 Mo	43 Tc	44 Ru	45 Rh	46 Pd	47 Ag	48 Cd	81 Tl	82 Pb	83 Bi	84 Po	85 At	86 Rn
6 Cs	56 Ba	57 La	72 Hf	73 Ta	74 W	75 Re	76 Os	77 Ir	78 Pt	79 Au	80 Hg	113 (Uut)	114 (Uuq)	115 (Uup)	116 (Uuh)	--	118 (Uuo)
7 Fr	88 Ra	89 Ac	104 Rf	105 Db	106 Sg	107 Bh	108 Hs	109 Mt	110 Ds	111 Rg	112 (Uub)	--	--	--	--	--	--
		* 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															

TABELLA 4-6 *Alcune proprietà fisiche dei metalli e non metalli*

Metalli	Non metalli
<ol style="list-style-type: none">1. Elevata conducibilità elettrica, che diminuisce all'aumentare della temperatura2. Elevata conducibilità termica3. Grigio metallici o lucentezza argentea*4. Quasi tutti solidi†5. Malleabili (possono essere ridotti in lamine)6. Duttile (possono essere ridotti in fili)	<ol style="list-style-type: none">1. Bassa conducibilità elettrica (eccetto il carbonio nella forma della grafite)2. Buoni isolanti termici (eccetto il carbonio)3. Nessuna lucentezza metallica4. Solidi, liquidi, o gas5. Fragili allo stato solido6. Non duttili

* Eccetto rame ed oro

† Eccetto il mercurio; cesio e gallio fondono con il calore della mano (opportunitamente protetta).

TABELLA 4-7 *Alcune proprietà chimiche dei metalli e non metalli*

Metalli	Non metalli
<ol style="list-style-type: none">1. I gusci esterni contengono pochi elettroni – generalmente tre o meno2. Formano cationi (ioni positivi) per perdita di elettroni3. Formano composti ionici con i non metalli4. Lo stato solido è caratterizzato dal legame metallico	<ol style="list-style-type: none">1. I gusci esterni contengono quattro o più elettroni*2. Formano anioni (ioni negativi) per acquisto di elettroni†3. Formano composti ionici con i metalli† e composti molecolari (covalenti) con i non metalli4. Molecole legate covalentemente; i gas nobili sono monoatomici

* Eccetto idrogeno ed elio.

† Eccetto i gas nobili

TABELLA 4-9 I blocchi s, p, d ed f della Tavola Periodica*

		GRUPPI																															
		blocco degli orbitali s																		blocco degli orbitali p													
		1A	2A	3B	4B	5B	6B	7B	8B	9B	10B	1B	2B	3A	4A	5A	6A	7A	8A														
		(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)	(16)	(17)	(18)														
		s^1	s^2																			s^2											
$n = 1$		1 H																				2 He											
$n = 2$		3 Li	4 Be	blocco degli orbitali d										5 B	6 C	7 N	8 O	9 F	10 Ne														
$n = 3$		11 Na	12 Mg	d^1s^2	blocco degli orbitali f										13 Al	14 Si	15 P	16 S	17 Cl	18 Ar													
$n = 4$		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														
$n = 5$		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														
$n = 6$		55 Cs	56 Ba	57 La	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	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
$n = 7$		87 Fr	88 Ra	89 Ac	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	104 Rf	105 Db	106 Sg	107 Bh	108 Hs	109 Mt	110 Ds	111 Rg	112 (Uub)	113 (Uut)	114 (Uuq)	115 (Uup)	116 (Uuh)	117 (Uu)	118 (Uuo)
$n = 6$	SERIE DEI LANTANIDI	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	con riempimento del sottolivello 4f																	
$n = 7$	SERIE DEGLI ATTINIDI	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	con riempimento del sottolivello 5f																	

* n è il numero quantico principale. Le notazioni d^1s^2, d^2s^2, \dots rappresentano configurazioni "regolari" e si riferiscono agli orbitali $(n-1)d$ e ns . Diverse eccezioni alle configurazioni indicate sopra ogni gruppo sono evidenziate in grigio.

PROPRIETA' PERIODICHE DEGLI ELEMENTI

Le proprietà chimiche degli elementi dipendono essenzialmente dagli **elettroni di valenza** e cioè dagli elettroni dei gusci più esterni. Queste proprietà possono essere predette osservando la loro posizione all'interno della tavola periodica che ordina gli elementi secondo il numero atomico e quindi secondo il numero di elettroni.

**Proprietà
periodiche
degli elementi**

Raggio atomico

Raggio ionico

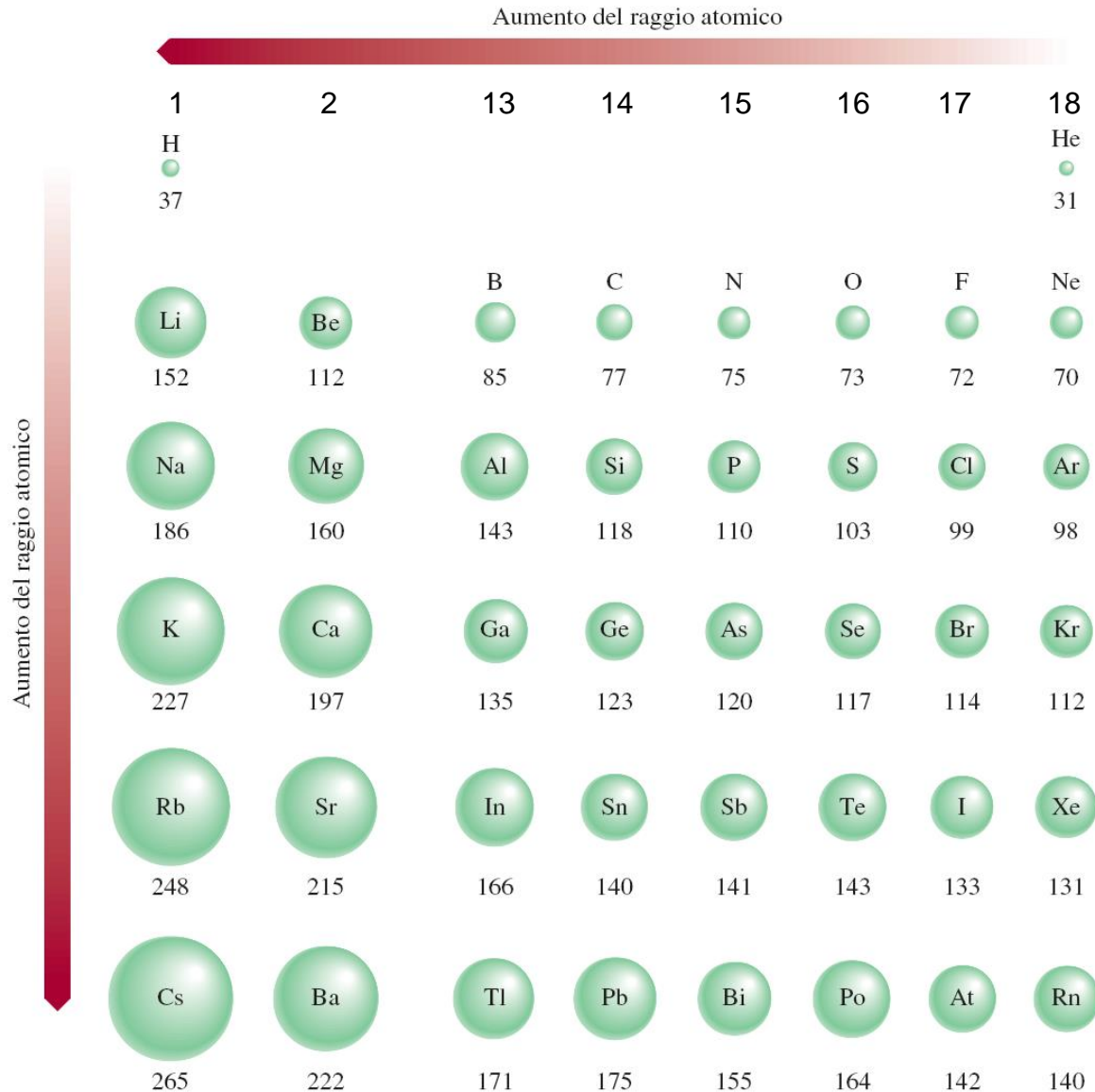
Energia di ionizzazione (EI)

Affinità elettronica (EA)

Elettronegatività

RAGGIO ATOMICO

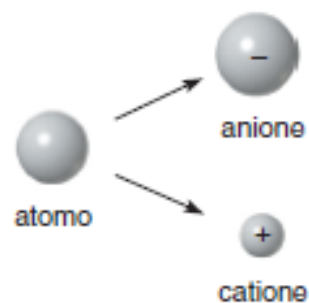
Misurato in pm



RAGGIO ATOMICO e RAGGIO IONICO

Misurato in Å

1	2	13	15	16	17
Li 1.52	Be 1.12		N 0.75	O 0.73	F 0.72
Li ⁺ 0.90	Be ²⁺ 0.59		N ³⁻ 1.71	O ²⁻ 1.26	F ⁻ 1.19
Na 1.86	Mg 1.60	Al 1.43		S 1.03	Cl 1.00
Na ⁺ 1.16	Mg ²⁺ 0.85	Al ³⁺ 0.68		S ²⁻ 1.70	Cl ⁻ 1.67
K 2.27	Ca 1.97	Ga 1.35		Se 1.19	Br 1.14
K ⁺ 1.52	Ca ²⁺ 1.14	Ga ³⁺ 0.76		Se ²⁻ 1.84	Br ⁻ 1.82
Rb 2.48	Sr 2.15	In 1.67		Te 1.42	I 1.33
Rb ⁺ 1.66	Sr ²⁺ 1.32	In ³⁺ 0.94		Te ²⁻ 2.07	I ⁻ 2.06
Cs 2.65	Ba 2.22	Tl 1.70			
Cs ⁺ 1.81	Ba ²⁺ 1.49	Tl ³⁺ 1.03			



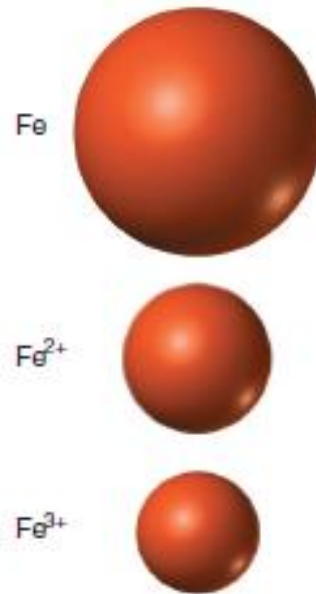
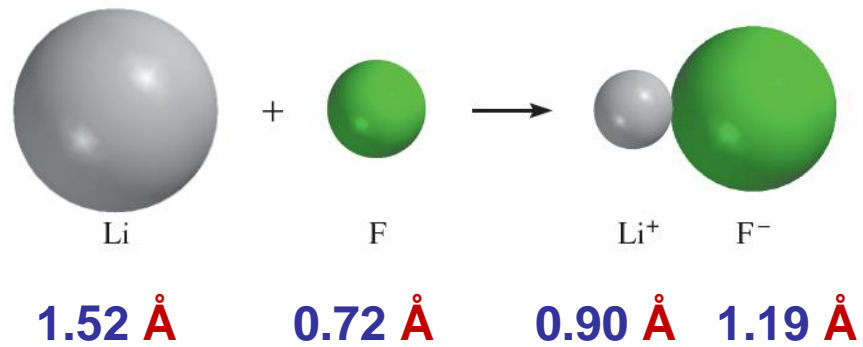








Figura 6.14
Dimensioni relative dell'atomo di ferro e dei suoi ioni.



IONI ISOELETTRONICI

Una serie isoelettronica di ioni

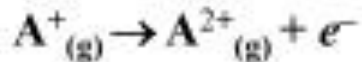
						
Raggio ionico (Å)	1.71	1.26	1.19	1.16	0.85	0.68
Num. di elettroni	10	10	10	10	10	10
Carica nucleare	7+	8+	9+	11+	12+	13+

ENERGIA DI IONIZZAZIONE

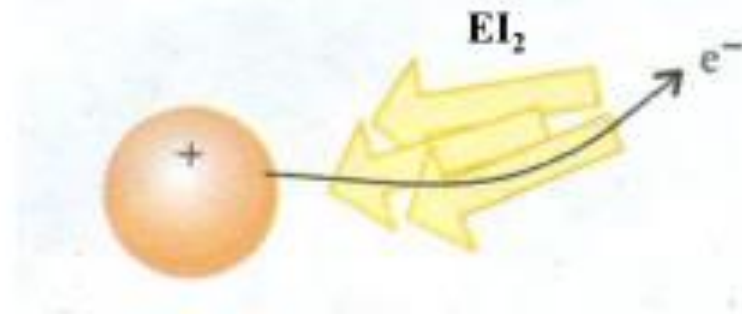
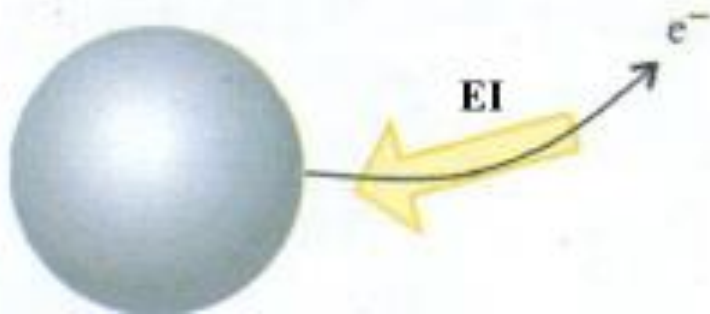
Energia di prima ionizzazione (EI) = la minima quantità di energia necessaria a rimuovere l'elettrone più debolmente legato da un atomo gassoso isolato per formare uno ione con carica 1+



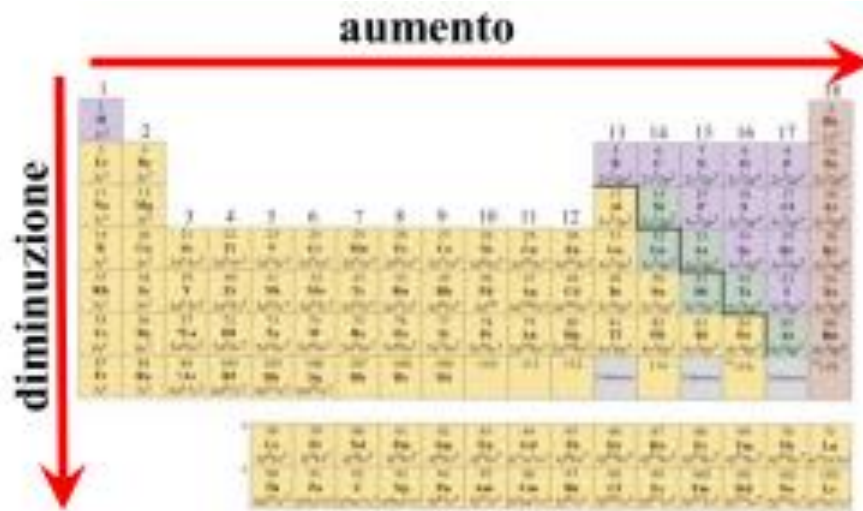
Energia di seconda ionizzazione (EI₂) = la minima quantità di energia necessaria a rimuovere l'elettrone più debolmente legato da un catione a carica unitaria per formare uno ione con carica 2+



$$EI \ll EI_2$$



ENERGIA DI IONIZZAZIONE



L'energia di prima ionizzazione diminuisce generalmente discendendo lungo un gruppo ed aumenta procedendo lungo un periodo da sinistra verso destra

L'energia di prima ionizzazione diminuisce discendendo lungo un gruppo perché gli elettroni occupano sempre gusci più esterni e sono di conseguenza sempre meno legati al nucleo.

L'energia di prima ionizzazione aumenta procedendo lungo un periodo da sinistra a destra perché la carica nucleare aumenta e gli elettroni occupando sempre uno stesso livello sono sempre più fortemente attratti dal nucleo.

ENERGIA DI IONIZZAZIONE

TABELLA 5-1 *Energie di prima ionizzazione (kJ/mole di atomi) di alcuni elementi*

H 1312																	He 2372
Li 520	Be 899											B 801	C 1086	N 1402	O 1314	F 1681	Ne 2081
Na 496	Mg 738											Al 578	Si 786	P 1012	S 1000	Cl 1251	Ar 1521
K 419	Ca 599	Sc 631	Ti 658	V 650	Cr 652	Mn 717	Fe 759	Co 758	Ni 757	Cu 745	Zn 906	Ga 579	Ge 762	As 947	Se 941	Br 1140	Kr 1351
Rb 403	Sr 550	Y 617	Zr 661	Nb 664	Mo 685	Tc 702	Ru 711	Rh 720	Pd 804	Ag 731	Cd 868	In 558	Sn 709	Sb 834	Te 869	I 1008	Xe 1170
Cs 377	Ba 503	La 538	Hf 681	Ta 761	W 770	Re 760	Os 840	Ir 880	Pt 870	Au 890	Hg 1007	Tl 589	Pb 715	Bi 703	Po 812	At 890	Rn 1037

AFFINITA' ELETTRONICA

Diminuzione
(valori più negativi)



Aumento
(valori meno negativi)



Affinità elettronica