

Tavola periodica degli elementi

- Gli stati possibili per ogni elettrone di un atomo nello **stato fondamentale** sono definiti da **4 numeri quantici** n, ℓ, m_ℓ, s con:

$$n = 1, 2, 3, 4, 5, \dots \quad \ell = 0, 1, 2, 3, \dots, n-1 \quad m_\ell = -\ell, \dots, -2, -1, 0, 1, 2, \dots, \ell \quad s = \pm \frac{1}{2}$$

Per $n = 3$ abbiamo $\ell = 0, 1, 2$ $m_\ell = -2, -1, 0, 1, 2$ $s = \pm \frac{1}{2}$ così distribuiti

$$n = 3 \quad \ell = 0 \quad m_\ell = 0 \quad s = \pm \frac{1}{2}$$

$$n = 3 \quad \ell = 1 \quad m_\ell = -1, 0, 1 \quad s = \pm \frac{1}{2}$$

$$n = 3 \quad \ell = 2 \quad m_\ell = -2, -1, 0, 1, 2 \quad s = \pm \frac{1}{2}$$

- Si dice che gli orbitali caratterizzati dallo stesso numero quantico principale n appartengono allo stesso **guscio** o anche allo stesso **strato**. Per un dato **strato**, l'insieme caratterizzato dallo stesso numero quantico orbitale ℓ (e differenziati dal diverso valore del numero quantico magnetico m_ℓ) costituisce un **sottostrato**.

- In ogni atomo nello **stato fondamentale**, ogni elettrone occupa il più basso livello energetico disponibile.

- In un atomo nello **stato fondamentale**, ogni elettrone tende ad occupare, fra gli stati disponibili, quello di energia minima.

- **Principio di esclusione di Pauli**

In un atomo non possono trovarsi due elettroni aventi la stessa quaterna di numeri quantici. Questo significa che il numero di elettroni che può occupare uno strato di numero quantico principale n , non può superare il numero $2n^2$. Nello strato **K**, corrispondente al numero quantico $n = 1$, al

massimo possono esserci **due elettroni**. Nello strato **L**, corrispondente al numero quantico **n = 2**, al massimo possono esserci **otto elettroni**. Nello strato **M**, corrispondente al numero quantico **n = 3**, al massimo possono esserci **18 elettroni**. E così di seguito.

- Notazione simbolica degli elettroni presenti in un atomo nello **stato fondamentale**

Il simbolo **nℓ^v** indica che **v** (indice posto in apice) elettroni sono presenti nello strato corrispondente al **numero quantico principale n** e al **numero quantico orbitale ℓ**.

Il simbolo **1s²** indica che **due** (indice posto in apice) elettroni sono presenti nello strato corrispondente al numero quantico principale **n = 1** e al numero quantico orbitale **s → ℓ = 0**.

1s² → **n = 1** **s → ℓ = 0** **due elettroni**

2s¹ → **n = 2** **s → ℓ = 0** **un elettrone**

3s² 3p¹ → **n = 3** **s → ℓ = 0** **due elettroni** **p → ℓ = 1** **un elettrone**

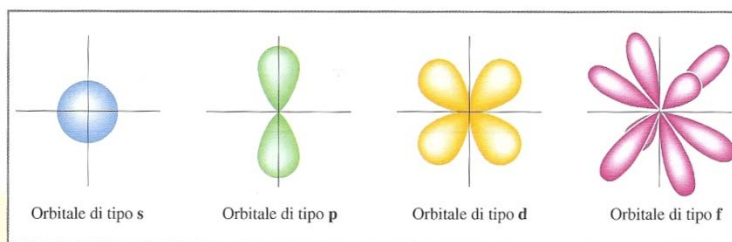
3d⁵ 4s¹ indica che **5** elettroni occupano lo strato **d → ℓ = 2** corrispondente al numero quantico principale **n = 3** ed **un** elettrone occupa lo strato **s → ℓ = 0** corrispondente al numero quantico principale **n = 4**.

- **Z** = **numero atomico** = **numero di protoni** presenti nel nucleo dell'atomo
- Ogni strato (o **shell**) **n** è indicato con una lettera maiuscola a partire da **K** in ordine alfabetico. Ad ogni valore del numero quantico orbitale **ℓ** corrisponde una lettera minuscola e, a partire da **f**, in ordine alfabetico. Per la specificazione dei valori di **ℓ** si fa uso di alcune lettere prese dalla tradizione della spettroscopia per la classificazione delle righe spettrali.

s(sharp=sottile, **ℓ = 0**) **p**(principal = principale, **ℓ = 1**)

d(diffuse=diffusa, **ℓ = 2**) **f**(fundamental=fondamentale, **ℓ = 3**)

sottostrato	s	p	d	f	g	h	...
Numero massimo di elettroni	2	6	10	14	18	22	...



Rappresentazione spaziale di differenti orbitali

n	1	2	3	4	5	6	...
	↓	↓	↓	↓	↓	↓	
	K	L	M	N	O	P	
ℓ	0	1	2	3	4	5	...
	↓	↓	↓	↓	↓	↓	
	s	p	d	f	g	h	

- Le **proprietà chimiche** degli elementi dipendono dal numero di elettroni presenti nello strato più esterno
- in un atomo non ci possono essere più di 2 elettroni di spin opposto $\frac{1}{2}$ e $-\frac{1}{2}$ in uno strato descritto dagli stessi numeri quantici **n**, **ℓ**, **m_ℓ**
- Domanda:** Come si sistemano gli elettroni nei vari stati quando c'è più di un elettrone nell'atomo?

Risposta: Basta tenere presente le 3 seguenti regole:

- (1) il numero di elettroni in ogni atomo neutro è uguale al numero atomico Z dell'atomo
- (2) in un atomo non eccitato tutti gli elettroni si trovano negli stati con l'energia più bassa possibile; si dice allora che l'atomo è nel suo stato fondamentale
- (3) due elettroni nell'atomo non possono avere gli stessi 4 numeri quantici (principio di esclusione di Pauli). Questo significa che non possono esistere 2 elettroni nello stesso stato.

- Lo **spin dell'elettrone**

L'elettrone possiede un **momento angolare intrinseco** $\vec{S}$ tale che le possibili proiezioni di $\vec{S}$ lungo un asse **z** arbitrario possono essere soltanto due. Le proiezioni del momento angolare sono due vettori, uguali ed opposti, di intensità pari a $\pm \frac{1}{2} \hbar$.

Al **momento angolare intrinseco** $\vec{S}$ corrisponde un **momento magnetico intrinseco** $\vec{\mu}_s = -\frac{e}{m_e} \vec{S}$.

Il **momento magnetico** dell'elettrone ha, come il vettore, soltanto due possibili orientazioni, a cui corrispondono dei livelli di energia diversi.

	Strato	K		L		M			N				O				
	n	1		2		3			4				5				
	l	0	0	1	0	1	2	0	1	2	3	0	1	2	3	4	
	$2(2l + 1)$	2	2	6	2	6	10	2	6	10	14	2	6	10	14	18	
Simbolo del sottostrato		1s	2s	2p	3s	3p	3d	4s	4p	4d	4f	5s	5p	5d	5f	5g	
Numero di elettroni nello strato completo ($= 2n^2$)		2	8		18			32				50					

Numero atomico Z	Elemento	Configurazione elettronica
1	H	$1s^1$
2	He	$1s^2$
3	Li	[He] $2s^1$
4	Be	$2s^2$
5	B	$2s^2 2p^1$
6	C	$2s^2 2p^2$
7	N	$2s^2 2p^3$
8	O	$2s^2 2p^4$
9	F	$2s^2 2p^5$
10	Ne	$2s^2 2p^6$
11	Na	[Ne] $3s^1$
12	Mg	$3s^2$
13	Al	$3s^2 3p^1$
14	Si	$3s^2 3p^2$
15	P	$3s^2 3p^3$
16	S	$3s^2 3p^4$
17	Cl	$3s^2 3p^5$
18	Ar	$3s^2 3p^6$
19	K	[Ar] $4s^1$
20	Ca	$4s^2$
21	Sc	$3d^1 4s^2$
22	Ti	$3d^2 4s^2$
23	V	$3d^3 4s^2$
24	Cr	$3d^5 4s^1$
25	Mn	$3d^5 4s^2$
26	Fe	$3d^6 4s^2$

Configurazioni elettroniche, in notazione spettroscopica, dei primi 26 elementi della tavola periodica

CONFIGURAZIONE ELETTRONICA DEI PRIMI 20 ELEMENTI CHIMICI									
Z	SIMBOLO	CONFIGURAZIONE ELETTRONICA	n = 1	n = 2		n = 3			n = 4
			s	s	p	s	p	d	s
1	H	1s ¹	↑						
2	He	1s ²	↑↓						
3	Li	1s ² 2s ¹	↑↓	↑					
4	Be	1s ² 2s ²	↑↓	↑↓					
5	B	1s ² 2s ² 2p ¹	↑↓	↑↓	↑				
6	C	1s ² 2s ² 2p ²	↑↓	↑↓	↑↑				
7	N	1s ² 2s ² 2p ³	↑↓	↑↓	↑↑↑				
8	O	1s ² 2s ² 2p ⁴	↑↓	↑↓	↑↓↑				
9	F	1s ² 2s ² 2p ⁵	↑↓	↑↓	↑↓↑↑				
10	Ne	1s ² 2s ² 2p ⁶	↑↓	↑↓	↑↓↑↓↑↓				
11	Na	1s ² 2s ² 2p ⁶ 3s ¹	↑↓	↑↓	↑↓↑↓↑↓	↑			
12	Mg	1s ² 2s ² 2p ⁶ 3s ²	↑↓	↑↓	↑↓↑↓↑↓	↑↓			
13	Al	1s ² 2s ² 2p ⁶ 3s ² 3p	↑↓	↑↓	↑↓↑↓↑↓	↑↓	↑		
14	Si	1s ² 2s ² 2p ⁶ 3s ² 3p ²	↑↓	↑↓	↑↓↑↓↑↓	↑↓	↑↑		
15	P	1s ² 2s ² 2p ⁶ 3s ² 3p ³	↑↓	↑↓	↑↓↑↓↑↓	↑↓	↑↑↑		
16	S	1s ² 2s ² 2p ⁶ 3s ² 3p ⁴	↑↓	↑↓	↑↓↑↓↑↓	↑↓	↑↓↑↑		
17	Cl	1s ² 2s ² 2p ⁶ 3s ² 3p ⁵	↑↓	↑↓	↑↓↑↓↑↓	↑↓	↑↓↑↑↑		
18	Ar	1s ² 2s ² 2p ⁶ 3s ² 3p ⁶	↑↓	↑↓	↑↓↑↓↑↓	↑↓	↑↓↑↓↑↓		
19	K	1s ² 2s ² 2p ⁶ 3s ² 3p ⁶ 4s ¹	↑↓	↑↓	↑↓↑↓↑↓	↑↓	↑↓↑↓↑↓		↑
20	Ca	1s ² 2s ² 2p ⁶ 3s ² 3p ⁶ 4s ²	↑↓	↑↓	↑↓↑↓↑↓	↑↓	↑↓↑↓↑↓		↑↓

Tabella 5.4 - Configurazione elettronica degli elementi allo stato fondamentale

Strato	1	2	3	4	5	6	7	
Orbitale	s	s p	s p d	s p d f	s p d f	s p d f	s	
1 H	1							
2 He*	2							
3 Li	2	1						
4 Be	2	2						
5 B	2	2 1						
6 C	2	2 2						
7 N	2	2 3						
8 O	2	2 4						
9 F	2	2 5						
10 Ne	2	2 6						
11 Na	2	2 6	1					
12 Mg	2	2 6	2					
13 Al	2	2 6	2 1					
14 Si	2	2 6	2 2					
15 P	2	2 6	2 3					
16 S	2	2 6	2 4					
17 Cl	2	2 6	2 5					
18 Ar	2	2 6	2 6					
19 K	2	2 6	2 6	1				
20 Ca	2	2 6	2 6	2				
21 Sc	2	2 6	2 6	1 2				
22 Ti	2	2 6	2 6	2 2				
23 V	2	2 6	2 6	3 2				
24 Cr	2	2 6	2 6	5 1				
25 Mn	2	2 6	2 6	5 2				
26 Fe	2	2 6	2 6	6 2				
27 Co	2	2 6	2 6	7 2				
28 Ni	2	2 6	2 6	8 2				
29 Cu	2	2 6	2 6	10 1				
30 Zn	2	2 6	2 6	10 2				
31 Ga	2	2 6	2 6	10 2	1			
32 Ge	2	2 6	2 6	10 2	2			
33 As	2	2 6	2 6	10 2	3			
34 Se	2	2 6	2 6	10 2	4			
35 Br	2	2 6	2 6	10 2	5			
36 Kr	2	2 6	2 6	10 2	6			
37 Rb	2	2 6	2 6	10 2	6	1		
38 Sr	2	2 6	2 6	10 2	6	2		
39 Y	2	2 6	2 6	10 2	6	1		
40 Zr	2	2 6	2 6	10 2	6	2		
41 Nb	2	2 6	2 6	10 2	6	4		
42 Mo	2	2 6	2 6	10 2	6	5		
43 Tc	2	2 6	2 6	10 2	6	6		
44 Ru	2	2 6	2 6	10 2	6	7		
45 Rh	2	2 6	2 6	10 2	6	8		
46 Pd	2	2 6	2 6	10 2	6	10		

→ segue tabella

Strato		1	2	3	4	5	6	7
Orbitale		s	s p	s p d	s p d f	s p d f	s p d f	s
47	Ag	2	2 6	2 6 10	2 6 10	1		
48	Cd	2	2 6	2 6 10	2 6 10	2		
49	In	2	2 6	2 6 10	2 6 10	2 1		
50	Sn	2	2 6	2 6 10	2 6 10	2 2		
51	Sb	2	2 6	2 6 10	2 6 10	2 3		
52	Te	2	2 6	2 6 10	2 6 10	2 4		
53	I	2	2 6	2 6 10	2 6 10	2 5		
54	Xe	2	2 6	2 6 10	2 6 10	2 6		
55	Cs	2	2 6	2 6 10	2 6 10	2 6	1	
56	Ba	2	2 6	2 6 10	2 6 10	2 6	2	
57	La	2	2 6	2 6 10	2 6 10	2 6 1	2	
58	Ce	2	2 6	2 6 10	2 6 10 1	2 6 1	2	
59	Pr	2	2 6	2 6 10	2 6 10 2	2 6 1	2	
60	Nd	2	2 6	2 6 10	2 6 10 3	2 6 1	2	
61	Pm	2	2 6	2 6 10	2 6 10 4	2 6 1	2	
62	Sm	2	2 6	2 6 10	2 6 10 5	2 6 1	2	
63	Eu	2	2 6	2 6 10	2 6 10 6	2 6 1	2	
64	Gd	2	2 6	2 6 10	2 6 10 7	2 6 1	2	
65	Tb	2	2 6	2 6 10	2 6 10 8	2 6 1	2	
66	Dy	2	2 6	2 6 10	2 6 10 9	2 6 1	2	
67	Ho	2	2 6	2 6 10	2 6 10 10	2 6 1	2	
68	Er	2	2 6	2 6 10	2 6 10 11	2 6 1	2	
69	Tm	2	2 6	2 6 10	2 6 10 12	2 6 1	2	
70	Yb	2	2 6	2 6 10	2 6 10 13	2 6 1	2	
71	Lu	2	2 6	2 6 10	2 6 10 14	2 6 1	2	
72	Hf	2	2 6	2 6 10	2 6 10 14	2 6 2	2	
73	Ta	2	2 6	2 6 10	2 6 10 14	2 6 3	2	
74	W	2	2 6	2 6 10	2 6 10 14	2 6 4	2	
75	Re	2	2 6	2 6 10	2 6 10 14	2 6 5	2	
76	Os	2	2 6	2 6 10	2 6 10 14	2 6 6	2	
77	Ir	2	2 6	2 6 10	2 6 10 14	2 6 7	2	
78	Pt	2	2 6	2 6 10	2 6 10 14	2 6 9	1	
79	Au	2	2 6	2 6 10	2 6 10 14	2 6 10	1	
80	Hg	2	2 6	2 6 10	2 6 10 14	2 6 10	2	
81	Tl	2	2 6	2 6 10	2 6 10 14	2 6 10	2 1	
82	Pb	2	2 6	2 6 10	2 6 10 14	2 6 10	2 2	
83	Bi	2	2 6	2 6 10	2 6 10 14	2 6 10	2 3	
84	Po	2	2 6	2 6 10	2 6 10 14	2 6 10	2 4	
85	At	2	2 6	2 6 10	2 6 10 14	2 6 10	2 5	
86	Rn	2	2 6	2 6 10	2 6 10 14	2 6 10	2 6	
87	Fr	2	2 6	2 6 10	2 6 10 14	2 6 10	2 6	1
88	Ra	2	2 6	2 6 10	2 6 10 14	2 6 10	2 6	2
89	Ac	2	2 6	2 6 10	2 6 10 14	2 6 10	2 6 1	2
90	Th	2	2 6	2 6 10	2 6 10 14	2 6 10	2 6 3	1
91	Pa	2	2 6	2 6 10	2 6 10 14	2 6 10	2 6 4	1
92	U	2	2 6	2 6 10	2 6 10 14	2 6 10 3	2 6 2	1

TAVOLA PERIODICA DEGLI ELEMENTI

GRUPPI		CHIAVE DI LETTURA	
IA		Numero atomico — 90	Torio — Nome
1 Idrogeno		Massa atomica ⁽¹⁾ — 232.038	Th — Simbolo
1.00797 -259.2 0.0899 -252.7 ±1 1s ¹		Punto di fusione °C — 1750	11.7 — Densità ⁽²⁾ (g/ml)
IIA		Punto di ebollizione °C — 4500	4 — Stati di ossidazione ⁽³⁾
3 Litio		Struttura elettronica — [Rn] 6d ² 7s ²	
4 Berillio		NOTE	
6.941 839 0.53 180.5 1.85 1342 2 1s ² 2s ²		(1) Riferito al carbonio 12.	
11 Sodio		Nel caso di più isotopi è indicato tra parentesi il valore di quello più stabile o conosciuto.	
12 Magnesio		(2) I valori per gli elementi gassosi sono dati per il loro stato liquido al punto di ebollizione.	
22.9898 97.8 0.97 883 1 [Ne]3s ¹		(3) Il più stabile è indicato in neretto.	
24.312 650 1.74 1090 2 [Ne]3s ²			
IIIB		IVB	
19 Potassio		VB	
20 Calcio		VIB	
21 Scandio		VIIB	
22 Titanio		VIIIB	
23 Vanadio			
24 Cromo			
25 Manganese			
26 Ferro			
27 Cobalto			
37 Rubidio			
38 Stronzio			
39 Ittrio			
40 Zirconio			
41 Niobio			
42 Molibdeno			
43 Tecnecio			
44 Rutenio			
45 Rodio			
55 Cesio			
56 Bario			
57 Lantanio			
72 Afnio			
73 Tantalio			
74 Wolframio (Tungsteno)			
75 Renio			
76 Osmio			
77 Iridio			
87 Francio			
88 Radio			
89 Attinio			
104 Rutherfordio			
105 Dubnio			
106 Seaborgio			
107 Bohrio			
108 Hassio			
109 Meitnerio			
LANTANIDI			
58 Cerio			
59 Praseodimio			
60 Neodimio			
61 Promezio			
62 Samario			
ATTINIDI			
90 Torio			
91 Protoattinio			
92 Uranio			
93 Nettunio			
94 Plutonio			

GRUPPO 0
VIII A

2	Elio
4.0026	He
-272.2	0.18
-268.9	
1s ²	

Solidi

Liquidi

Gassosi

Elementi artificiali

IIIA

IVA

VA

VIA

VIIA

5	Boro	6	Carbonio	7	Azoto	8	Ossigeno	9	Fluoro	10	Neon
10.811	B	12.01115	C	14.0067	N	15.9994	O	18.9984	F	20.183	Ne
2079	2.34	3727 g	2.62	-210	1.25	-218.8	1.42	-219.6	1.69	-248.6	0.9
4000	3	4830	± 4.2	-195.8	5.4 ± 3.2	-183	-2.1	-188.2	-1	-246	
1s ² 2s ² 2p ¹		1s ² 2s ² 2p ²		1s ² 2s ² 2p ³		1s ² 2s ² 2p ⁴		1s ² 2s ² 2p ⁵		1s ² 2s ² 2p ⁶	

13	Alluminio	14	Silicio	15	Fosforo	16	Zolfo	17	Cloro	18	Argo
26.9815	Al	28.086	Si	30.9738	P	32.064	S	35.453	Cl	39.948	Ar
660	2.70	1410	2.33	44.1	1.82	119.0	2.07	-101.0	3.2	-189.4	1.78
2450	3	2355	4	280	± 3.5	444.6	-2.4, 6	-34.7	± 1.3, 5, 7	-185.8	
[Ne]3s ² 3p ¹		[Ne]3s ² 3p ²		[Ne]3s ² 3p ³		[Ne]3s ² 3p ⁴		[Ne]3s ² 3p ⁵		[Ne]3s ² 3p ⁶	

IB

IIB

28	Nichel	29	Rame	30	Zinco	31	Gallio	32	Germanio	33	Arsenico	34	Selenio	35	Bromo	36	Kripto
58.69	Ni	63.54	Cu	65.39	Zn	69.72	Ga	72.59	Ge	74.922	As	78.96	Se	79.909	Br	83.80	Kr
1453	8.9	1083	8.96	419.5	7.14	29.8	* 5.91	937.4	5.32	817	5.72	217	4.79	-7.2	3.12	-157.3	3.7
2730	2.3	2595	2.1	906	2	2237	3	2830	4	613	± 3.5	685	-2.4, 6	58	± 1.3, 5	-152	
[Ar]3d ⁸ 4s ²		[Ar]3d ¹⁰ 4s ¹		[Ar]3d ¹⁰ 4s ²		[Ar]3d ¹⁰ 4s ² 4p ¹		[Ar]3d ¹⁰ 4s ² 4p ²		[Ar]3d ¹⁰ 4s ² 4p ³		[Ar]3d ¹⁰ 4s ² 4p ⁴		[Ar]3d ¹⁰ 4s ² 4p ⁵		[Ar]3d ¹⁰ 4s ² 4p ⁶	

46	Palladio	47	Argento	48	Cadmio	49	Indio	50	Stagno	51	Antimonio	52	Tellurio	53	Iodio	54	Xeno
106.4	Pd	107.870	Ag	112.40	Cd	114.82	In	118.7	Sn	121.75	Sb	127.60	Te	126.904	I	131.30	Xe
1552	12.0	960.8	10.5	320.9	8.65	156.6	7.31	231.9	7.30	630.5	6.68	449.5	6.24	113.7	4.94	-111.9	5.89
3140	2.4	2210	1	765	2	2080	3	2270	4.2	1750	± 3.5	989.8	-2.4, 6	183	± 1.5, 7	-108.0	
[Kr]4d ¹⁰ 5s ⁰		[Kr]4d ¹⁰ 5s ¹		[Kr]4d ¹⁰ 5s ²		[Kr]4d ¹⁰ 5s ² 5p ¹		[Kr]4d ¹⁰ 5s ² 5p ²		[Kr]4d ¹⁰ 5s ² 5p ³		[Kr]4d ¹⁰ 5s ² 5p ⁴		[Kr]4d ¹⁰ 5s ² 5p ⁵		[Kr]4d ¹⁰ 5s ² 5p ⁶	

78	Platino	79	Oro	80	Mercurio	81	Tallio	82	Piombo	83	Bismuto	84	Polonio	85	Astato	86	Radon
195.09	Pt	196.967	Au	200.59	Hg	204.37	Tl	207.19	Pb	208.980	Bi	(210)	Po	(210)	At	(222)	Rn
1772	21.4	1063	19.3	-38.4	13.6	303	11.85	327.4	11.4	271.3	9.8	254	(9.2)	(302)	—	(-71)	9.7
3827	2.4	2970	3.1	357	2.1	1457	3.1	1725	4.2	1560	3.5	962	2.4	337	± 1.3, 5, 7	(-61.8)	
[Xe]4f ¹⁴ 5d ⁹ 6s ¹		[Xe]4f ¹⁴ 5d ¹⁰ 6s ¹		[Xe]4f ¹⁴ 5d ¹⁰ 6s ²		[Xe]4f ¹⁴ 5d ¹⁰ 6s ² 6p ¹		[Xe]4f ¹⁴ 5d ¹⁰ 6s ² 6p ²		[Xe]4f ¹⁴ 5d ¹⁰ 6s ² 6p ³		[Xe]4f ¹⁴ 5d ¹⁰ 6s ² 6p ⁴		[Xe]4f ¹⁴ 5d ¹⁰ 6s ² 6p ⁵		[Xe]4f ¹⁴ 5d ¹⁰ 6s ² 6p ⁶	

110	Ununnilio	111	Unununio	112	Ununbio	113	—	114	Ununquadio	115	—	116	Ununhexio	117	—	118	Ununoctio
(269)	Uun	(272)	Uuu	(277)	Uub	—	Uut	(275)	Uuq	—	Uup	(289)	Uuh	—	Uus	(293)	Uuo
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
[Rn]5f ¹⁴ 6d ⁷ 7s ¹		[Rn]5f ¹⁴ 6d ⁷ 7s ¹		[Rn]5f ¹⁴ 6d ⁷ 7s ²		—	—	[Rn]5f ¹⁴ 6d ⁷ 7s ² 7p ²		—	—	[Rn]5f ¹⁴ 6d ⁷ 7s ² 7p ⁴		—	—	[Rn]5f ¹⁴ 6d ⁷ 7s ² 7p ⁶	

ELEMENTI DI TRANSIZIONE INTERNA

63	Europio	64	Gadolinio	65	Terbio	66	Disprosio	67	Osmio	68	Erblio	69	Tulio	70	Iterbio	71	Luterzio
151.96	Eu	157.25	Gd	158.924	Tb	162.50	Dy	164.930	Ho	167.26	Er	168.934	Tm	173.04	Yb	174.97	Lu
826	5.26	1312	7.89	1356	8.27	1407	8.54	1461	8.80	1497	9.05	1545	9.33	824	6.98	1652	9.84
1439	3.2	3000	3	2800	3.4	2600	3	2600	3	2900	3	2000	3.2	1427	3.2	3327	3
[Xe]4f ⁷ 6s ²		[Xe]4f ⁷ 5d ¹ 6s ²		[Xe]4f ⁹ 6s ²		[Xe]4f ¹⁰ 6s ²		[Xe]4f ¹¹ 6s ²		[Xe]4f ¹² 6s ²		[Xe]4f ¹³ 6s ²		[Xe]4f ¹⁴ 6s ²		[Xe]4f ¹⁴ 5d ¹ 6s ²	

95	Americio	96	Curio	97	Berkelio	98	Californio	99	Einsteinio	100	Fermio	101	Mendelevio	102	Nobelio	103	Laurenzio
(243)	Am	(247)	Cm	(247)	Bk	(251)	Cf	(252)	Es	(257)	Fm	(258)	Md	(259)	No	(262)	Lr
994	13.67	1340	13.5	—	13.25	900	15.1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2607	6.5, 4, 3	—	3.4	986	4.3	—	3.4	—	2.3	—	3	—	2.3	—	2.3	—	3
[Rn]5f ⁷ 7s ²		[Rn]5f ⁶ 6d ¹ 7s ²		[Rn]5f ⁹ 7s ²		[Rn]5f ¹⁰ 7s ²		[Rn]5f ¹¹ 7s ²		[Rn]5f ¹² 7s ²		[Rn]5f ¹³ 7s ²		[Rn]5f ¹⁴ 7s ²		[Rn]5f ¹⁴ 6d ¹ 7s ²	

PRINCIPALI										VIII / 0	Numero del periodo
I		II		III	IV	V	VI	VII	VIII		
1 H 1,008 1				3 B 10,81 5	4 C 12,01 6	5 N 14,01 7	6 O 16,00 8	7 F 19,00 9	8 Ne 20,18 10	2 He 4,003 2	1
				9 Al 26,98 13	10 Si 28,09 14	11 P 30,97 15	12 S 32,06 16	13 Cl 35,45 17	14 Ar 39,95 18		2
Ia		IIa									
28 Ni 58,71 28	29 Cu 63,55 29	30 Zn 65,38 30	31 Ga 69,72 31	32 Ge 72,59 32	33 As 74,92 33	34 Se 78,96 34	35 Br 79,90 35	36 Kr 83,80 36			3
46 Pd 106,40 46	47 Ag 107,87 47	48 Cd 112,40 48	49 In 114,82 49	50 Sn 118,69 50	51 Sb 121,75 51	52 Te 127,60 52	53 I 126,90 53	54 Xe 131,30 54			4
78 Pt 195,09 78	79 Au 196,97 79	80 Hg 200,59 80	81 Tl 204,37 81	82 Pb 207,19 82	83 Bi 208,98 83	84 Po* (209) 84	85 At* (210) 85	86 Rn* (222) 86			5
								Alo- geni	Gas nobili		6
SPIEGAZIONE											
Distribuzione degli elettroni											
1° guscio											
2° guscio											
3° guscio											
etc.											
24,31											
Mg											
12											
1,2											
e-neg. (Pauling)											
nr. atomico											
massa atomica in u											
simbolo											
Metalli											
Non metalli											
65 Tb 158,93 65	66 Dy 162,50 66	67 Ho 164,93 67	68 Er 167,26 68	69 Tm 168,93 69	70 Yb 173,04 70	71 Lu 174,97 71					
97 Bk* (247) 97	98 Cf* (251) 98	99 Es* (254) 99	100 Fm* (257) 100	101 Md* (258) 101	102 No* (255) 102	103 Lr* (260) 103					

Tabella 31.2
Configurazioni elettroniche* degli atomi nei loro stati fondamentali

Z	Elemento		n:	K		L			M			N				O				P			Q
				1	2	2	2	3	3	3	4	4	4	5	5	5	5	6	6	7	7	7	7
			l:	s	s p	s p	s p d	s p d	s p d	s p d	s p d f	s p d f	s p d f	s p d f	s p d f	s p d f	s p d f	s p d f	s p d f	s p d f	s p d f	s p d f	s
1	H	idrogeno		1																			
2	He	elio		2																			
3	Li	litio		2	1																		
4	Be	berillio		2	2																		
5	B	boro		2	2	1																	
6	C	carbonio		2	2	2																	
7	N	azoto		2	2	3																	
8	O	ossigeno		2	2	4																	
9	F	fluoro		2	2	5																	
10	Ne	neon		2	2	6																	
11	Na	sodio		2	2	6	1																
12	Mg	magnesio		2	2	6	2																
13	Al	alluminio		2	2	6	2	1															
14	Si	silicio		2	2	6	2	2															
15	P	fosforo		2	2	6	2	3															
16	S	zolfo		2	2	6	2	4															
17	Cl	cloro		2	2	6	2	5															
18	Ar	argon		2	2	6	2	6															
19	K	potassio		2	2	6	2	6	.	1													
20	Ca	calcio		2	2	6	2	6	.	2													
21	Sc	scandio		2	2	6	2	6	1	2													
22	Ti	titanio		2	2	6	2	6	2	2													
23	V	vanadio		2	2	6	2	6	3	2													
24	Cr	cromo		2	2	6	2	6	5	1													
25	Mn	manganese		2	2	6	2	6	5	2													
26	Fe	ferro		2	2	6	2	6	6	2													
27	Co	cobalto		2	2	6	2	6	7	2													
28	Ni	nicel		2	2	6	2	6	8	2													
29	Cu	rame		2	2	6	2	6	10	1													
30	Zn	zinco		2	2	6	2	6	10	2													
31	Ga	gallio		2	2	6	2	6	10	2	1												
32	Ge	germanio		2	2	6	2	6	10	2	2												
33	As	arsenico		2	2	6	2	6	10	2	3												
34	Se	selenio		2	2	6	2	6	10	2	4												
35	Br	bromo		2	2	6	2	6	10	2	5												
36	Kr	cripto		2	2	6	2	6	10	2	6												

Tabella 31.2
(continua)

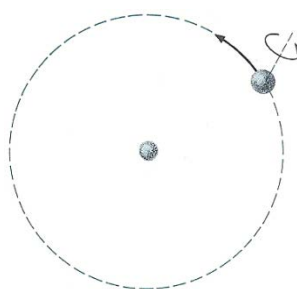
Z	Elemento	n: l:	K			L			M			N				O				P			Q
			1	2				3				4				5				6		7	
			s	s	p	s	p	d	s	p	d	f	s	p	d	f	s	p	d	s			
37	Rb	rubidio	2	2	6	2	6	10	2	6	.	.	1										
38	Sr	stronzio	2	2	6	2	6	10	2	6	.	.	2										
39	Y	ittrio	2	2	6	2	6	10	2	6	1	.	2										
40	Zr	zirconio	2	2	6	2	6	10	2	6	2	.	2										
41	Nb	niobio	2	2	6	2	6	10	2	6	4	.	1										
42	Mo	molibdeno	2	2	6	2	6	10	2	6	5	.	1										
43	Tc	tecnezio	2	2	6	2	6	10	2	6	6	.	1										
44	Ru	rutenio	2	2	6	2	6	10	2	6	7	.	1										
45	Rh	rodio	2	2	6	2	6	10	2	6	8	.	1										
46	Pd	palladio	2	2	6	2	6	10	2	6	10	.	.										
47	Ag	argento	2	2	6	2	6	10	2	6	10	.	1										
48	Cd	cadmio	2	2	6	2	6	10	2	6	10	.	2										
49	In	indio	2	2	6	2	6	10	2	6	10	.	2	1									
50	Sn	stagno	2	2	6	2	6	10	2	6	10	.	2	2									
51	Sb	antimonio	2	2	6	2	6	10	2	6	10	.	2	3									
52	Te	tellurio	2	2	6	2	6	10	2	6	10	.	2	4									
53	I	iodio	2	2	6	2	6	10	2	6	10	.	2	5									
54	Xe	xenon	2	2	6	2	6	10	2	6	10	.	2	6									
55	Cs	cesio	2	2	6	2	6	10	2	6	10	.	2	6	.	.	1						
56	Ba	bario	2	2	6	2	6	10	2	6	10	.	2	6	.	.	2						
57	La	lantanio	2	2	6	2	6	10	2	6	10	.	2	6	1	.	2						
58	Ce	cerio	2	2	6	2	6	10	2	6	10	1	2	6	1	.	2						
59	Pr	praseodimio	2	2	6	2	6	10	2	6	10	3	2	6	.	.	2						
60	Nd	neodimio	2	2	6	2	6	10	2	6	10	4	2	6	.	.	2						
61	Pm	promezio	2	2	6	2	6	10	2	6	10	5	2	6	.	.	2						
62	Sm	samario	2	2	6	2	6	10	2	6	10	6	2	6	.	.	2						
63	Eu	europeo	2	2	6	2	6	10	2	6	10	7	2	6	.	.	2						
64	Gd	gadolinio	2	2	6	2	6	10	2	6	10	7	2	6	1	.	2						
65	Tb	terbio	2	2	6	2	6	10	2	6	10	9	2	6	.	.	2						
66	Dy	disprosio	2	2	6	2	6	10	2	6	10	10	2	6	.	.	2						
67	Ho	olmio	2	2	6	2	6	10	2	6	10	11	2	6	.	.	2						
68	Er	erbio	2	2	6	2	6	10	2	6	10	12	2	6	.	.	2						
69	Tm	tulio	2	2	6	2	6	10	2	6	10	13	2	6	.	.	2						
70	Yb	itterbio	2	2	6	2	6	10	2	6	10	14	2	6	.	.	2						
71	Lu	lutezio	2	2	6	2	6	10	2	6	10	14	2	6	1	.	2						
72	Hf	afnio	2	2	6	2	6	10	2	6	10	14	2	6	2	.	2						
73	Ta	tantalio	2	2	6	2	6	10	2	6	10	14	2	6	3	.	2						

Tabella 31.2
(continua)

Z	Elemento		n: l:	K	L		M			N				O				P			Q
				1	2	3	4		5		6		7								
				s	s	p	s	p	d	s	p	d	f	s	p	d	f	s	p	d	s
74	W	tungsteno		2	2	6	2	6	10	2	6	10	14	2	6	4	.	2			
75	Re	renio		2	2	6	2	6	10	2	6	10	14	2	6	5	.	2			
76	Os	osmio		2	2	6	2	6	10	2	6	10	14	2	6	6	.	2			
77	Ir	iridio		2	2	6	2	6	10	2	6	10	14	2	6	7	.	2			
78	Pt	platino		2	2	6	2	6	10	2	6	10	14	2	6	9	.	1			
79	Au	oro		2	2	6	2	6	10	2	6	10	14	2	6	10	.	1			
80	Hg	mercurio		2	2	6	2	6	10	2	6	10	14	2	6	10	.	2			
81	Tl	tallio		2	2	6	2	6	10	2	6	10	14	2	6	10	.	2	1		
82	Pb	piombo		2	2	6	2	6	10	2	6	10	14	2	6	10	.	2	2		
83	Bi	bismuto		2	2	6	2	6	10	2	6	10	14	2	6	10	.	2	3		
84	Po	polonio		2	2	6	2	6	10	2	6	10	14	2	6	10	.	2	4		
85	At	astato		2	2	6	2	6	10	2	6	10	14	2	6	10	.	2	5		
86	Rn	radon		2	2	6	2	6	10	2	6	10	14	2	6	10	.	2	6		
87	Fr	francio		2	2	6	2	6	10	2	6	10	14	2	6	10	.	2	6	.	1
88	Ra	radio		2	2	6	2	6	10	2	6	10	14	2	6	10	.	2	6	.	2
89	Ac	attinio		2	2	6	2	6	10	2	6	10	14	2	6	10	.	2	6	1	2
90	Th	torio		2	2	6	2	6	10	2	6	10	14	2	6	10	.	2	6	2	2
91	Pa	protoattinio		2	2	6	2	6	10	2	6	10	14	2	6	10	1	2	6	2	2
92	U	uranio		2	2	6	2	6	10	2	6	10	14	2	6	10	3	2	6	1	2
93	Np	nettunio		2	2	6	2	6	10	2	6	10	14	2	6	10	4	2	6	1	2
94	Pu	plutonio		2	2	6	2	6	10	2	6	10	14	2	6	10	6	2	6	.	2
95	Am	amerinio		2	2	6	2	6	10	2	6	10	14	2	6	10	7	2	6	.	2
96	Cm	curio		2	2	6	2	6	10	2	6	10	14	2	6	10	7	2	6	1	2
97	Bk	berkelio		2	2	6	2	6	10	2	6	10	14	2	6	10	8	2	6	1	2
98	Cf	californio		2	2	6	2	6	10	2	6	10	14	2	6	10	10	2	6	.	2
99	Es	einsteinio		2	2	6	2	6	10	2	6	10	14	2	6	10	11	2	6	.	2
100	Fm	fermio		2	2	6	2	6	10	2	6	10	14	2	6	10	12	2	6	.	2
101	Md	mendelevio		2	2	6	2	6	10	2	6	10	14	2	6	10	13	2	6	.	2
102	No	nobelio		2	2	6	2	6	10	2	6	10	14	2	6	10	14	2	6	.	2
103	Lw	laurenzio		2	2	6	2	6	10	2	6	10	14	2	6	10	14	2	6	1	2

* Per alcuni elementi delle terre rare (da $Z=57$ a $Z=71$) e per gli elementi pesanti ($Z>89$) le configurazioni non sono stabilite inequivocabilmente.

L'elettrone può essere rappresentato come una sfera che ruota su se stessa e attorno al nucleo, come fa la Terra che ruota su se stessa e attorno al Sole.



ASSORBIMENTO



Spettro di assorbimento del sodio. La sostanza in esame assorbe alcune lunghezze d'onda della radiazione che l'attraversa. Talvolta l'assorbimento si ha nel campo visibile dello spettro, ma può avvenire anche nell'invisibile.

EMISSIONE



Spettro di emissione del sodio. Quando il sodio viene riscaldato allo stato di vapore, esso emette due linee di color giallo molto vicine. Le due lunghezze d'onda sono pressoché uguali come attesta la vicinanza delle due linee.

Quando la luce del sodio viene fatta passare attraverso una fessura e quindi attraverso un prisma, i due raggi luminosi di differente lunghezza d'onda seguono delle traiettorie leggermente diverse, per cui si possono ottenere due immagini separate della fessura corrispondenti ciascuna ad una diversa lunghezza d'onda. Lo spettro del sodio mostra **due linee gialle** molto vicine l'una all'altra. Ogni qualvolta queste due linee appaiono nello spettro di una sostanza, si può affermare con sicurezza che in essa è contenuta una certa quantità di sodio.

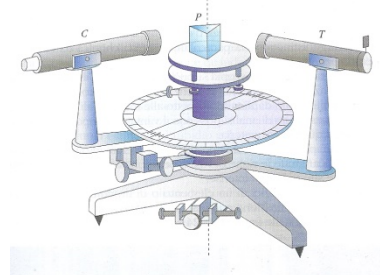
Ciascun tipo di atomo eccitato emetterà delle radiazioni di una particolare lunghezza d'onda, per cui la luce emessa da un atomo differirà da quella emessa da ogni altro atomo per la sua lunghezza d'onda e quindi per il colore.

Poiché le radiazioni vengono emesse dagli atomi eccitati, gli spettri ottenuti con uno qualsiasi di questi metodi prendono il nome di **spettri di emissione**. Esistono anche gli **spettri di assorbimento**. In questo caso l'atomo in esame assorbe le radiazioni invece di emetterle.

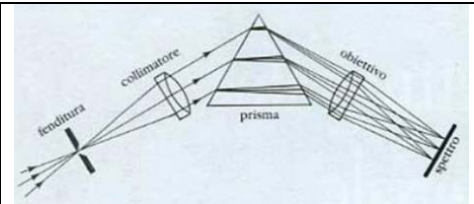
Ogni sostanza può **emettere** soltanto gli spettri che è in grado di **assorbire**.

Per studiare gli spettri della radiazione elettromagnetica emessa o assorbita dalla materia ci serviamo dello **spettroscopio**, chiamato anche **spettrometro**, se munito di una scala graduata da utilizzare per la lettura diretta della lunghezza d'onda.

Spettrometro a prisma. La luce, dopo essere stata emessa dalla materia eccitata, viene raccolta dal **collimatore T**, dispersa dal prisma **P** e osservata mediante il **cannocchiale C**. Un sistema girevole, munito di un cerchio graduato, permette di misurare la lunghezza d'onda delle componenti monocromatiche.



Spettroscopio classico formato da: • una **fenditura** destinata a lasciare passare un sottile pennello di luce proveniente dalla sorgente da analizzare



- un **collimatore** che ha il compito di rendere paralleli i raggi luminosi che l'attraversano
- un **prisma** che ha il compito di separare le componenti monocromatiche • si può osservare lo spettro prodotto dallo strumento su uno **schermo** e mediante un **cannocchiale**.

n, ℓ, m_ℓ, s $\mathbf{n}$ $\mathbf{K}$ ℓ $\mathbf{f}$ $\ell=0$ $\mathbf{p}$ $\ell=1$ $\mathbf{d}$ $\ell=2$ $\ell=3$