

MINISTERUL EDUCAȚIEI NAȚIONALE

Luminița Ursea
Mihaela Zărnescu Enceanu

Chimie

Manual pentru clasa a IX - a



EDITURA DIDACTICĂ ȘI PEDAGOGICĂ S.A.

CUPRINS

Capitolul 1. ATOMUL. STRUCTURA ÎNVELIȘULUI ELECTRONIC AL ATOMULUI / 7

1.1. Atomi și izotopi / 8

Atomi / 8

Izotopi / 9

1.2. Structura învelișului de electroni al atomului / 10

Orbitali, substraturi și straturi / 11

Ocuparea cu electroni a orbitalilor. Configurația electronică
 a atomilor elementelor / 14

*Configurația electronică a elementelor din perioada a patra / 17

Evaluare / 20

Termeni cheie și concepte / 20

Învață rezolvând / 20

Exerciții / 20

Testul 1 / 21

Fișă documentară / 22

Capitolul 2. TABELUL PERIODIC AL ELEMENTELOR / 23

2.1. Corelații între structura învelișului electronic al atomului, poziția în tabelul periodic și proprietățile elementelor / 24

2.2. Variația proprietăților periodice ale elementelor / 26

Variația proprietăților periodice fizice / 27

*Raza atomică / 27

*Raza ionică / 29

*Energia de ionizare / 32

Variația proprietăților periodice chimice / 35

Electronegativitatea / 35

Numărul de oxidare / 37

Caracterul metalic / 39

Sodiul / 42

Caracterul nemetalic / 43

Clorul / 46

*Caracterul acido-bazic al oxizilor elementelor din perioada a treia
 și grupa a 14-a (a IV-a) / 48

Fișă experimentală / 52

Evaluare / 56

Termeni cheie și concepte / 56

Învață rezolvând / 56

Exerciții / 56

Testul 2 / 59

Fișă documentară / 60

Respect pentru oameni și cărți

Capitolul 3. INTERACȚII ÎNTRE ATOMI, IONI ȘI MOLECULE / 61

3.1. Legătura covalentă. Molecule / 62

- Legătura covalentă nepolară / 63
- Legătura covalentă polară / 64
- Legătura covalent-coordinativă / 66
- *Combinății complexe / 67

3.2. Legătura ionică / 70

- Cristalul de clorură de sodiu / 71

3.3. Forțe intermoleculare / 72

- *Forțe de dispersie / 72
- Forțe dipol-dipol / 73
- Legături de hidrogen / 74
- Legăturile de hidrogen și proprietățile fizice ale apei / 75

3.4. Ecuația de stare a gazului ideal / 76

Fișă experimentală / 78

Evaluare / 79

- Termeni cheie și concepte / 79
- Invață rezolvând / 79
- Exerciții / 79
- Testul 3 / 81

Fișă documentară / 82

Capitolul 4. SOLUȚII APOASE / 83

4.1. Soluții. Dizolvarea și factorii care influențează dizolvarea / 84

4.2. Dizolvarea unui compus ionic în apă / 85

4.3. Dizolvarea unui compus covalent polar în apă / 86

4.4. Solubilitate. *Cristalohidrați / 86

4.5. Concentrația soluțiilor. Concentrația molară / 88

Fișă experimentală / 92

Evaluare / 92

- Termeni cheie și concepte / 92
- Invață rezolvând / 92
- Exerciții / 93
- Testul 4 / 94

Capitolul 5. ECHILIBRUL CHIMIC. SOLUȚII APOASE DE ACIZI ȘI BAZE / 95

5.1. *Echilibrul chimic. Legea acțiunii maselor / 96

5.2. *Principiul Le Châtelier. Factorii care influențează echilibrul chimic / 97

- *Efectul concentrației asupra echilibrului / 98
- *Efectul temperaturii asupra echilibrului / 98
- *Efectul presiunii asupra echilibrului / 99
- *Efectul catalizatorului asupra echilibrului / 100

Respect pentru oameni și cărți

5.3. Acizi și baze / 101

- Acizi și baze în soluție apoasă / 102
- Acizi tari și acizi slabi. *Constantă de aciditate / 104
- Baze tari și baze slabe / 106
- *Ionizarea apei. *Produsul ionic al apei / 107
- Scara de pH a soluțiilor apoase / 108
- Determinarea caracterului acido-bazic al soluțiilor apoase / 108
- Amfoliți acido-bazici / 109

Fișă experimentală / 110

Evaluare / 111

Termeni cheie și concepte / 111

Invață rezolvând / 111

Exerciții / 112

Testul 5 / 113

Fișă documentară / 114

Capitolul 6. REACȚII DE OXIDARE ȘI REACȚII DE REDUCERE / 115

6.1. Reacții de oxidare și de reducere. Calculul coeficienților în ecuațiile reacțiilor redox / 116

6.2. *Obținerea metalelor prin reducere / 118

6.3. *Caracterul oxidant al unor săruri / 120

6.4. Elemente galvanice / 121

6.5. Coroziunea metalelor. *Protecția anticorozivă / 123

Fișă experimentală / 125

Evaluare / 125

Termeni cheie și concepte / 125

Exerciții / 125

Testul 6 / 126

Test final / 126

Fișă documentară / 127

Răspunsuri / 128

Tabelul periodic al elementelor (coperta a 3-a)

1 Atomul. Structura învelișului electronic al atomului

- **Atomi și izotopi**
- **Structura electronică a atomului**

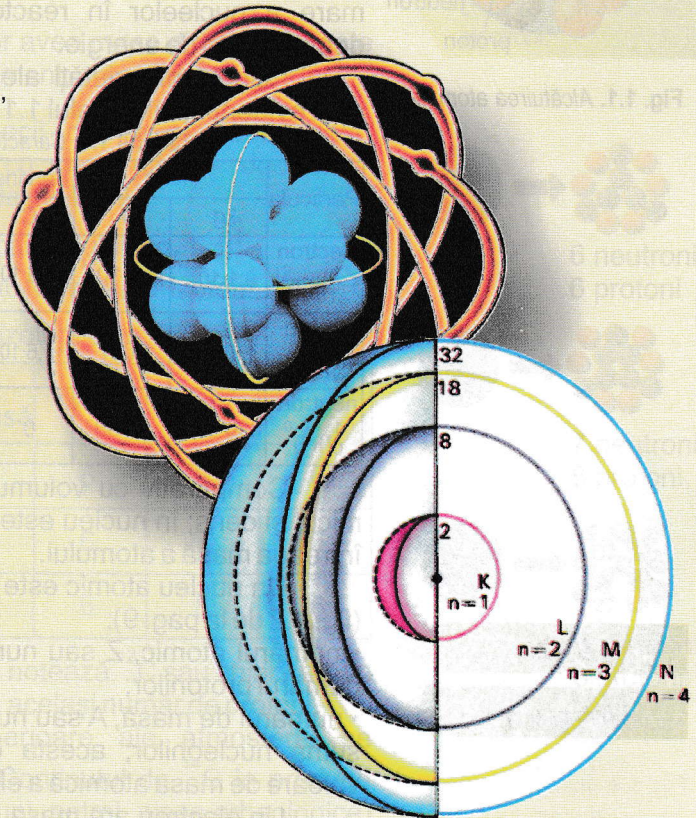
Termeni noi: orbital atomic, spin electronic, substrat, strat, configurație electronică.

Obiective

După studierea acestui capitol

vei fi capabil să:

- descrii particulele elementare (subatomice)
- explici existența izotopilor
- folosești numărul atomic și numărul de masă pentru a determina structura atomului
- descrii relația dintre orbitali, substraturi și straturi
- reprezinți completarea orbitalilor cu electroni, conform unor principii și reguli
- descrii configurația electronică în termeni de straturi, substraturi și orbitali



1.1. Atomi și izotopi

Atomi

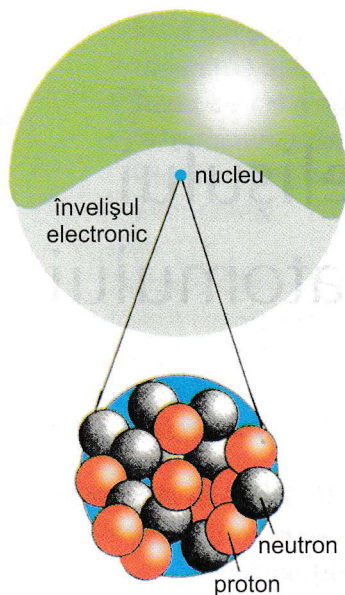


Fig. 1.1. Alcătuirea atomului

Noile descoperiri ale fizicii de la sfârșitul secolului al XIX-lea au evidențiat faptul că atomii, aceste particule mici și stabile, sunt alcătuiți din o parte centrală numită **nucleu**, încărcat pozitiv și un înveliș electronic format din **electroni**, încărcat negativ (fig. 1.1).

În atomul neutru sarcina pozitivă a nucleului este egală cu sarcina negativă a electronilor care gravitează în jurul acestuia; *deci numărul de protoni din nucleu este egal cu numărul electronilor.*

Nucleele atomice ale tuturor speciilor de atomi cunoscute (109 elemente) sunt constituite din *protoni și neutroni*, cărora li s-a dat numele de *nucleoni*.

Modul în care sunt aranjați protonii și neutronii în nucleu precum și natura forțelor nucleare nu sunt suficient de bine cunoscute. Forțele nucleare sunt mult mai puternice decât forțele de atracție dintre nucleu și electroni; de aceea, reacțiile nucleare, de transformare a nucleelor în reactoarele nucleare duc la degajări mari de energie.

Unele proprietăți ale particulelor elementare sunt evidențiate în tabelul 1.1.

Tabelul 1.1. Caracteristicile particulelor elementare

Particula	Masa		Sarcina electrică		Raza	
	kg	u	C	relativă	m	Å
electron ${}^0_{-1}e, e^-$	$9,1 \cdot 10^{-31}$	$5,5 \cdot 10^{-4}$	$-1,6 \cdot 10^{-19}$	-1	$1,4 \cdot 10^{-15}$	$1,4 \cdot 10^{-5}$
proton ${}^1_{+1}p, p^+$	$1,67 \cdot 10^{-27}$	1,007	$+1,6 \cdot 10^{-19}$	+1	$2 \cdot 10^{-15}$	$2 \cdot 10^{-5}$
neutron ${}^1_0n, n^0$	$1,67 \cdot 10^{-27}$	1,008	0	0	$2 \cdot 10^{-15}$	$2 \cdot 10^{-5}$

Comparativ cu volumul atomului, nucleul este micuț și dens; în nucleu este concentrată aproximativ întreaga masă a atomului.

Un nucleu atomic este definit prin două numere (fig. 1.2 de la pag. 9):

- numărul atomic, Z sau numărul de ordine, egal cu numărul protonilor;
- numărul de masă, A sau numărul nucleonic, egal cu suma nucleonilor; acesta este foarte apropiat ca valoare de masa atomică a elementului.

Un electron are masa neglijabilă comparativ cu masa protonului sau a neutronului.

$$Z = p$$

$$A = p + n$$

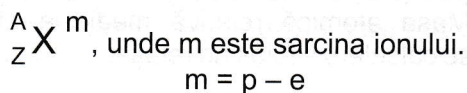
Atomul. Structura învelișului electronic al atomului

Un atom este neutru din punct de vedere electric.
Un atom conține un număr egal de protoni și de electroni.

Atomii sunt clasificați în elemente în funcție de numărul atomic.

Elementul chimic reprezintă o specie de atomi care au același număr atomic.

Dacă un atom acceptă sau cedează electroni se transformă în ion negativ sau pozitiv care se notează:



Izotopi

Nucleul fiecărui atom al unui element conține un număr fix de protoni; cele mai multe elemente conțin atomi care se deosebesc printr-un număr diferit de neutroni în nucleu.

Astfel de atomi vor avea mase diferite, cu toate că reprezintă același element; ei se numesc *izotopi*.

Izotopii sunt specii de atomi cu aceeași sarcină nucleară, dar cu mase diferite, deoarece conțin un număr diferit de neutroni.

Exemplu: Izotopii carbonului (fig. 1.3).

Carbonul există sub forma a trei izotopi, ${}_{6}^{12}\text{C}$, ${}_{6}^{13}\text{C}$ și ${}_{6}^{14}\text{C}$; structura acestor izotopi este:

izotopul	nr. atomic	nr. de masă	nr. p ⁺	nr. n ⁰	nr. e ⁻
${}_{6}^{12}\text{C}$	6	12	6	6	6
${}_{6}^{13}\text{C}$	6	13	6	7	6
${}_{6}^{14}\text{C}$	6	14	6	8	6

Adesea izotopii se notează ${}^{12}\text{C}$ sau chiar carbon -12, deoarece toți conțin același număr de protoni.

În straturile superioare ale atmosferei se formează izotopul ${}^{14}\text{C}$. Conținutul de ${}^{14}\text{C}$ în produse naturale biologice (cărbuni, petrol, piese arheologice) permite calcularea datei aproximative a formării lor.

$$Z = p = e$$

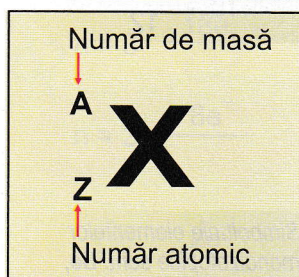


Fig. 1.2. Notația unui element

Izotopii unui element reacționează în același mod, deoarece reacțiile chimice implică numai electroni.

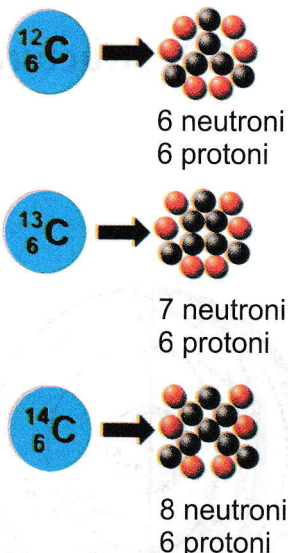


Fig. 1.3. Izotopii carbonului

$$1u = \frac{m^{12}\text{C}}{12}$$

Simbolurile elementelor monoizotopice sunt: Be, F, Na, Al, P, Sc, Mn, Co, As, Y, Nd, Rh, I, Cs, Pr, Tb, Ho, Tm, Ta, Au, Bi.

Atomii au mase extrem de reduse; pentru exprimarea lor se folosește o unitate foarte mică: a 12-a parte din masa izotopului 12 al carbonului, numită unitate atomică de masă (u).

Masa atomică relativă este numărul care arată de câte ori masa unui atom este mai mare decât unitatea atomică de masă (u).

Majoritatea elementelor se găsesc în natură sub formă de amestecuri de izotopi, adică sunt elemente mixte (numai 21 elemente sunt monoizotopice).

Masa atomică relativă medie a elementelor mixte se calculează folosind relația:

$$M_{\text{at rel}} = \sum a_x \cdot M_x$$

unde a_x reprezintă abundența (procentul) izotopului X în natură, iar M_x este masa izotopului X.

Exemplu: calculul masei atomice relative medii a litiului cunoscând abundența izotopilor săi:

$${}^6_3\text{Li} \text{ 7,30\% și } {}^7_3\text{Li} \text{ 92,7\%}$$

$$M_{\text{at rel}} = \frac{7,30}{100} \cdot 6 + \frac{92,7}{100} \cdot 7 = 6,927u$$

1.2. Structura învelișului de electroni al atomului

Înțelegerea proprietăților unui element și ale compușilor pe care îi formează are la bază cunoașterea modului în care sunt aranjați electronii în atomi și felul în care aceste aranjamente pot fi modificate.

Învelișul electronic al atomului este alcătuit din electroni care gravitează în straturi în jurul nucleului.

Electronii învelișului electronic sunt grupați în 7 straturi notate cu numerele 1, ...7 sau, uneori, cu litere K, ..., Q; numerotarea straturilor se face dinspre nucleu spre exterior (fig. 1.4).

Cu cât electronii sunt mai apropiați de nucleu, cu atât energia lor este mai mică.

Structura electronică a atomului în starea cu energia cea mai joasă corespunzătoare stabilității maxime este denumită *stare fundamentală*.

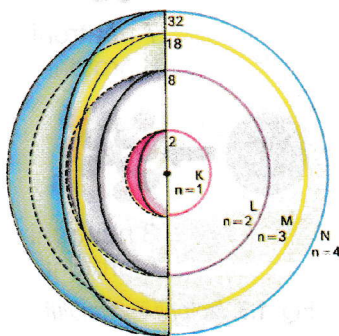


Fig. 1.4. Învelișul electronic al atomului

Electronii tind să ocupe straturi cât mai aproape de nucleu, cu energia cea mai scăzută (fig. 1.5). Această tendință este limitată de faptul că în fiecare strat poate exista numai un anumit număr maxim de electroni (tab. 1.2).

Tabelul 1.2. Numărul maxim de electroni care completează primele 4 straturi electronice

Stratul	1 K	2 L	3 M	4 N
nr. de electroni	2	8	18	32

Numărul maxim de electroni care pot ocupa un strat este $2n^2$.

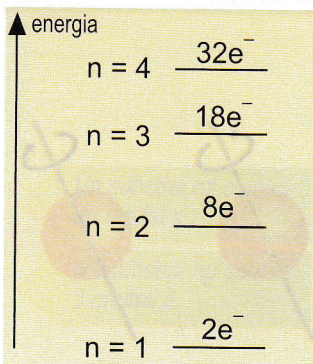


Fig. 1.5. Energia crescătoare a primelor patru straturi electronice și numărul maxim de electroni

Orbitali, substraturi și straturi

Electronul se rotește cu viteze foarte mari în spațiul din jurul nucleului și de aceea nu se poate determina cu precizie poziția lui la un moment dat, sau prezența într-un anumit punct definit prin coordonatele sale; el se apropie și se îndepărtează de nucleu; imaginea cea mai potrivită asupra electronului în mișcare corespunde unui *nor electronic* cu sarcină negativă, de intensitate variabilă sau unui *orbital*.

Orbitalul sau norul electronic reprezintă imaginea în timp a traiectoriei electronului, analogă celei obținute prin fotografierea unui obiect care s-ar roti cu o viteză foarte mare în jurul unui punct.

Orbitalul atomic reprezintă domeniul spațial din jurul nucleului în care probabilitatea de stare a electronului este maximă.

Există 4 tipuri de orbitali notați cu literele *s*, *p*, *d*, *f*. Orbitalii atomici se deosebesc prin energie, formă și orientare (fig. 1.6).

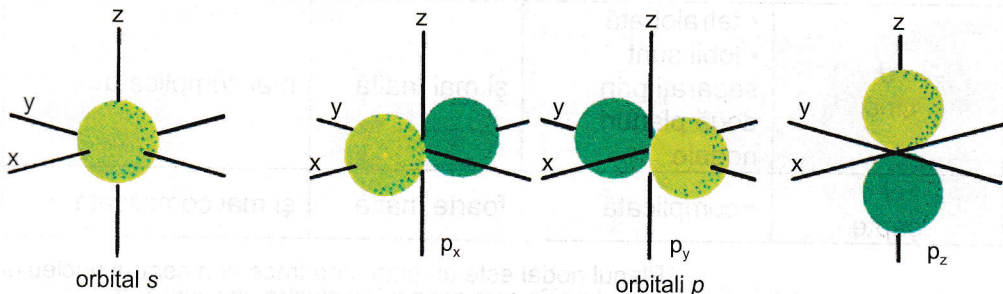


Fig. 1.6. Orbitali atomici *s* și *p*

Reține că distanța dintre nivelurile energetice succesive devine din ce în ce mai mică, pe măsură ce energia crește.

O caracteristică importantă a fiecărui orbital este aceea că în el se pot găsi maximum doi electroni de spin opus (fig. 1.7).

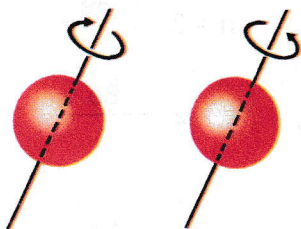


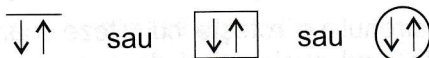
Fig. 1.7. Spinul electronic

Spinul electronic reprezintă mișcarea electronului în jurul propriei sale axe, fie în sens orar, fie în sens antiorar pentru a contracara respingerea naturală dintre ei.

Un orbital este simbolizat printr-o liniuță, pătrățel sau cerculeț care poate conține 1-2 electroni sau poate fi vacant; orbitalul se poate nota cu literele *s*, *p*, *d*, *f*.

Fiecare electron este notat cu o săgeată arătând spinul lui, fie ↓, fie ↑.

Reprezentarea electronilor într-un orbital:



Caracteristicile orbitalilor atomici sunt prezentate în tabelul 1.3.

Tabelul 1.3. Caracteristicile orbitalilor atomici

Tip de orbital și număr	Formă (simetrie)	Energie	Orientare
<i>s</i> unu	<ul style="list-style-type: none"> • sferică • în centrul sferei se află nucleul atomic 	joasă (cea mai mare stabilitate)	—
<i>p</i> trei	<ul style="list-style-type: none"> • bilobată, cu 2 lobi identici dispuși de-o parte și de alta a unui plan nodal* • simetrie axială 	mai înaltă	axele de simetrie ale celor trei orbitali sunt axele de coordonate O_x , O_y , O_z perpendiculare, nucleul atomului fiind în origine
<i>d</i> cinci	<ul style="list-style-type: none"> • tetralobată • lobi sunt separați prin două planuri nodale 	și mai înaltă	mai complicată
<i>f</i> șapte	<ul style="list-style-type: none"> • complicată 	foarte înaltă	și mai complicată

*Planul nodal este un plan care trece prin centrul nucleului atomului și în care densitatea electronică este zero.

Atomul. Structura învelișului electronic al atomului

Orbitalii cu aceeași energie formează un substrat.

Se cunosc patru tipuri de substraturi: s , p , d , f .
Substraturile conțin un număr diferit de electroni.

Substrat	s	p	d	f
Număr orbitali	1	3	5	7
Număr maxim de electroni	2	6	10	14

Fiecare substrat are un anumit nivel energetic.

Substratul $2s$ are energie și volum mai mare decât substratul $1s$ (fig. 1.8).

Un strat este alcătuit din unul sau mai multe substraturi cu energie apropiată.

Fiecare strat succesiv conține un nou tip de substrat. Stratul 1 conține un substrat denumit $1s$. Stratul al doilea conține două substraturi denumite $2s$ și $2p$.

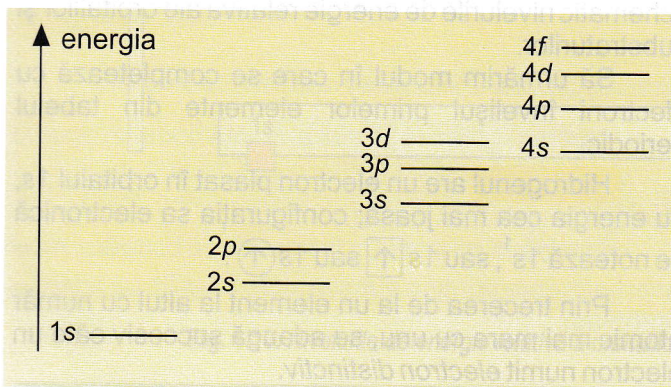
Tabelul 1.4 arată substraturile pentru primele 4 straturi electronice.

Tabelul 1.4. Alcătuirea primelor patru straturi electronice

Nr. stratului	Felul substratului	Nr. maxim de electroni
1	$1s$	2
2	$2s$ $2p$	$2 + 6 = 8$
3	$3s$ $3p$ $3d$	$2 + 6 + 10 = 18$
4	$4s$ $4p$ $4d$ $4f$	$2 + 6 + 10 + 14 = 32$

În interiorul unui strat energia substraturilor crește în ordinea $s < p < d < f$.

Energia relativă pentru substraturile primelor patru straturi este evidențiată în figura 1.9.



Un substrat ns conține un orbital s .

Un substrat np conține 3 orbitali p .

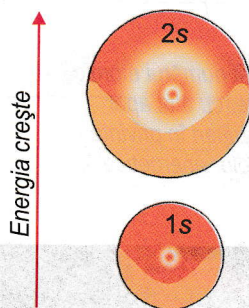


Fig. 1.8. Orbitalii sferici $1s$, respectiv $2s$

Reține notația unui substrat. Substratul x al stratului n se notează nx .

Numărul de electroni a din substrat se notează ca exponent nx^a

Fig. 1.9. Ordinea crescătoare a energiei substraturilor

Ocuparea cu electroni a orbitalilor. Configurația electronică a atomilor elementelor

Ocuparea cu electroni a orbitalilor, substraturilor și straturilor se face ținând seama de principiul stabilității sau de construcție, de principiul de excluziune al lui Pauli și de regula lui Hund.

Principiul stabilității: completarea orbitalilor se face succesiv în ordinea crescătoare a energiei lor, începând cu orbitalul 1s, cu energia cea mai joasă (fig. 1.10, de la pag. 15). Ordinea energiei orbitalilor, substraturilor pentru atomii primelor 18 elemente este:

1s 2s 2p 3s 3p

*Începând cu al 19-lea element pot avea loc inversări ale energiei substraturilor, de exemplu, 3d are energie mai înaltă decât 4s; de aceea, substratul 4s se completează înainte de substratul 3d.

Principiul de excluziune (Pauli): într-un orbital atomic pot exista maximum doi electroni de spin opus.

Regula lui Hund: completarea orbitalilor cu aceeași energie se face astfel încât numărul de electroni necupați să fie maxim.

Configurația electronică a stării fundamentale a unui atom este dată de orbitalii ocupați cu electroni în stare fundamentală a atomului.

Formularea configurației electronice constă în precizarea:

- stratului electronic prin cifre 1,2,3 ...
- substratului electronic cu litere s,p,d,f
- numărului de electroni dintr-un substrat cu ajutorul cifrelor scrise ca exponent la literele s,p,d,f.

Figura 1.10 (de pe pagina următoare) prezintă schematic nivelurile de energie relativă ale orbitalilor și substraturilor.

Să urmărim modul în care se completează cu electroni învelișul primelor elemente din tabelul periodic.

Hidrogenul are un electron plasat în orbitalul 1s, cu energia cea mai joasă; configurația sa electronică se notează $1s^1$, sau $1s \uparrow$ sau $1s \uparrow$.

Prin trecerea de la un element la altul cu număr atomic mai mare cu unu, se adaugă succesiv câte un electron numit *electron distinctiv*.

Cu cât numărul atomic crește, cu atât apar diferențieri în privința nivelelor energetice.



Nori de hidrogen în galaxia noastră.

Electronul distinctiv trebuie să aibă cea mai mică energie posibilă, imediat mai mare decât a celui precedent.

Respect pentru oameni și cărți

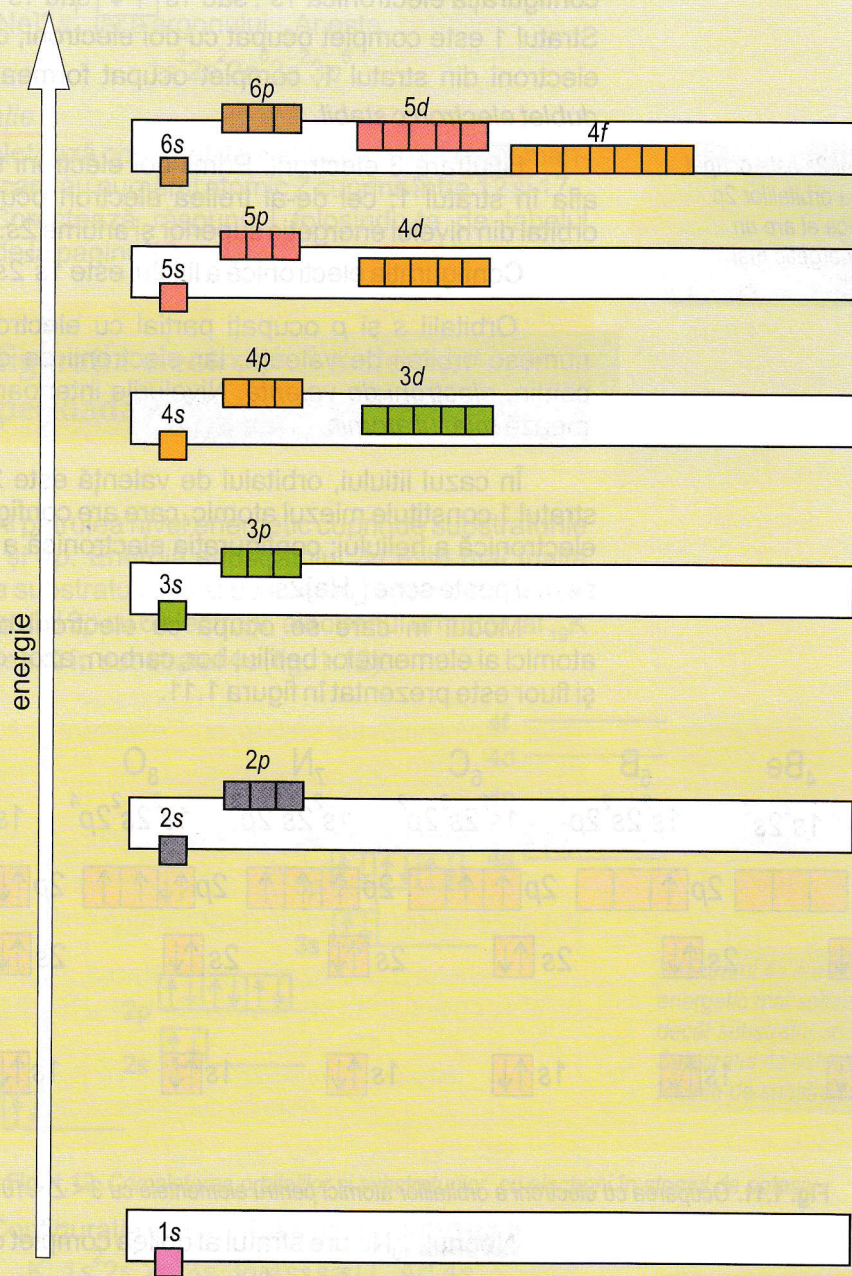


Fig. 1.10. Nivelurile de energie relativă a orbitalilor și substraturilor

Heliul, cu 2 electroni în orbitalul $1s$, are configurația electronică $1s^2$, sau $1s \uparrow\downarrow$ sau $1s \circ\downarrow$. Stratul 1 este complet ocupat cu doi electroni; cei doi electroni din stratul 1, complet ocupat formează un *dublet electronic stabil*.

Orbitalul $2s$ este ocupat înaintea orbitalilor $2p$, deoarece el are un nivel energetic mai scăzut.

Litiul are 3 electroni. Primii doi electroni se vor afla în stratul 1; cel de-al treilea electron ocupă un orbital din nivelul energetic superior și anume $2s$.

Configurația electronică a litiului este $1s^2 2s^1$.

Orbitalii s și p ocupați parțial cu electroni se numesc orbitali de valență, iar electronii pe care îi conțin, *electroni de valență*. Nivelurile interioare formează *miezul atomic*.

În cazul litiului, orbitalul de valență este $2s$, iar stratul 1 constituie miezul atomic, care are configurația electronică a heliului; configurația electronică a litiului se mai poate scrie $[_2\text{He}]2s^1$.

Modul în care se ocupă cu electroni orbitalii atomici ai elementelor beriliu, bor, carbon, azot, oxigen și fluor este prezentat în figura 1.11.

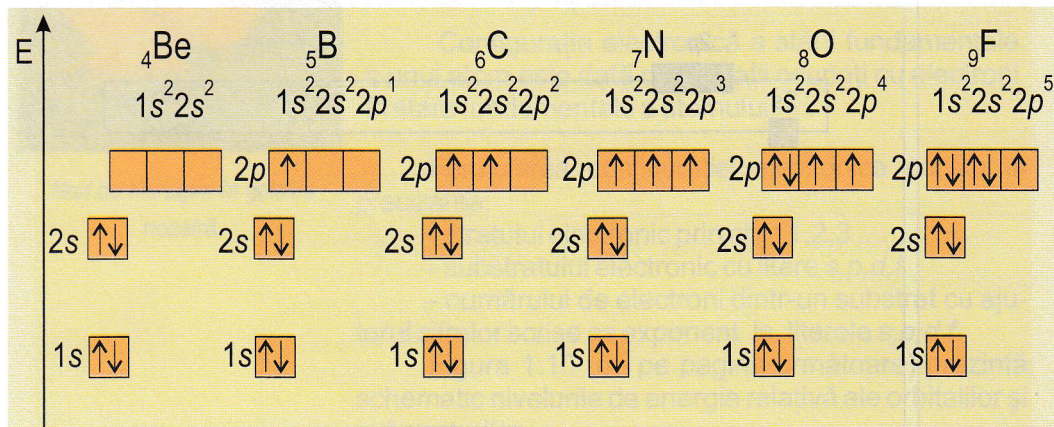


Fig. 1.11. Ocuparea cu electroni a orbitalilor atomici pentru elementele cu $3 < Z < 10$

Reține că orbitalii $2p$ sunt ocupați mai întâi cu câte un electron.

Neonul, $_{10}\text{Ne}$ are stratul al doilea complet ocupat cu 8 electroni $1s^2 2s^2 2p^6$; spunem că neonul are *configurație stabilă de octet*.

Începând cu sodiul, $_{11}\text{Na}$ se ocupă al treilea nivel energetic care conține substraturile $3s$ și $3p$ cu energie apropiată.