

**Olga Petrescu  
Gabriela Dobrescu  
Adrian-Mihail Stadler**

# Chimie

Manual pentru clasa a IX - a



**EDITURA DIDACTICĂ ȘI PEDAGOGICĂ S.A.**

Simboluri folosite în manual .....	5
Simboluri grafice folosite în manual .....	5
Norme de conduită și protecție a muncii în laboratorul de chimie .....	6
Ustensile de laborator .....	7

## Capitolul 1

Atomul. Structura învelișului electronic .....	8
1.1. Atomii componente ale substanțelor .....	8
1.2. Structura învelișului electronic .....	11
1.3. Corelații între structura atomilor elementelor și poziția lor în sistemul periodic .....	16
Aplicații .....	19

## Capitolul 2

Variația proprietăților elementelor în tabelul periodic .....	20
2.1. Proprietăți neperiodice .....	20
2.2. Proprietăți fizice periodice .....	21
2.3. Proprietăți chimice periodice .....	23
Aplicații .....	35
Test de evaluare .....	36

## Capitolul 3

Legături chimice .....	37
3.1. Legătura ionică .....	37
3.2. Legătura covalentă. Formarea moleculelor .....	40
3.3. Interacții intermoleculare .....	49
3.4. Ecuația de stare a gazului ideal .....	53
Aplicații .....	57

## Capitolul 4

Dizolvarea – proces fizico-chimic .....	58
4.1. Procesul de dizolvare .....	58
4.2. Solubilitatea. Factorii de care depinde solubilitatea .....	61
4.3. Concentrația soluției .....	64
4.4. Cristalohidrați .....	68

## Capitolul 5

Soluții de acizi și baze .....	73
5.1. Soluții apoase de acizi .....	73
5.2. Soluții apoase de baze .....	76
5.3. Ionizarea. pH-ul soluțiilor apoase .....	78
5.4. Hidroxizi amfoteri .....	80
Aplicații .....	81



## Capitolul 6

Echilibrul chimic .....	82
6.1. Conceptul de echilibru chimic .....	82
6.2. Legea acțiunii maselor .....	85
6.3. Produsul ionic al apei ( $K_w$ ) .....	88
6.4. Echilibre acido-bazice .....	90
6.5. Factorii care influențează echilibrul chimic .....	91
Aplicații .....	96
Test de evaluare .....	97

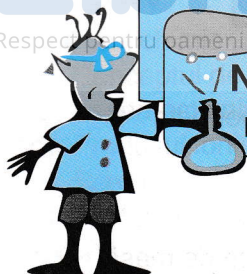
## Capitolul 7

Procese de oxidare și reducere .....	99
7.1. Număr de oxidare .....	99
7.2. Reacții de oxidare și reducere .....	101
7.3. Stabilirea coeficienților reacțiilor redox .....	103
7.4. Reacții redox la care participă sodiul .....	104
7.5. Reacții redox la care participă clorul .....	106
7.6. Agenți oxidanți și agenți reducători .....	108
Aplicații .....	111
Test de evaluare .....	112
7.7. Elemente galvanice .....	113
7.8 Corosiunea și protecția anticorrosivă .....	119
7.9. Conductibilitatea soluțiilor de electroliți .....	124
Aplicații. Rezolvări .....	127

\*Fondul gri indică C.D.

\*Toate exercițiile se vor efectua în caiete.





## Norme de conduită și protecție a muncii în laboratorul de chimie



Chimia este o știință experimentală. În laboratorul școlii se efectuează activități practice specifice studiului chimiei.

Pentru prevenirea unor accidente și protecție personală, elevii trebuie să respecte în laboratorul de chimie anumite norme de conduită.

**1.** Orice experiență se efectuează sub îndrumarea profesorului și a laborantului, după indicații orale sau scrise.

**2.** Înainte de-a asambla o instalație se verifică piesele componente.

**3.** Se lucrează numai cu aparatura și ustensilele indicate de profesor sau scrise în instrucțiuni.

**4.** Substanțele chimice se folosesc în experimente cu multă grijă:

- se lucrează numai cu substanțe indicate de profesor sau rețetă;
- se folosesc numai substanțe și reactivi din flacoane etichetate;
- se lucrează cu cantități mici de substanță;
- substanțele chimice nu se gustă, nu se miros direct;
- substanțele chimice nu se ating cu mâna, (pentru cele solide se folosește spatula și penseta);
- substanțele chimice lichide se preling pe pereții eprubetei sau se adaugă cu pipeta;
- substanțele inflamabile se manipulează departe de surse de căldură;
- cu substanțele care emană vapori toxici se lucrează la nișă sau la fereastră;
- substanțele în exces nu se toarnă înapoi în flacon;
- deșeurile, soluțiile corozive nu se aruncă la canal, se strâng în vase speciale.

**5.** Încălzirea vaselor de laborator, a eprubetelor se face cu atenție (folosind sita de azbest, cleștele de eprubete). Pentru a evita aprinderea părului lung acesta trebuie strâns.

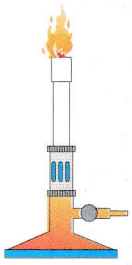
**6.** La sfârșitul lucrării se închid sursele de încălzire, robinetele; se lasă ordine pe masă, se spală pe mâini.

**7.** În caz de accidente se apelează la trusa medicală (existentă în fiecare laborator) sau la cabinetul medical al școlii.

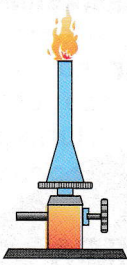


# USTENSILE DE LABORATOR

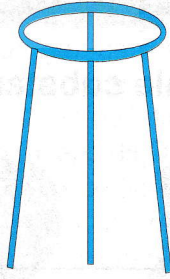
Respect pentru oameni și cărți!



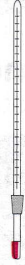
Bec Bunsen



Bec Teclu



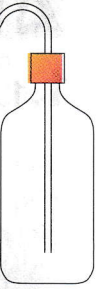
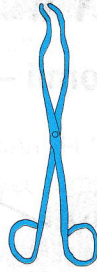
Trepied



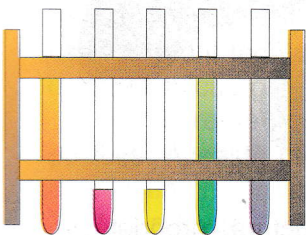
Termometru



Clește



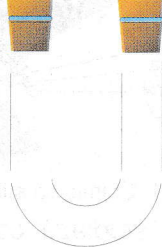
Piseta



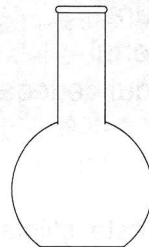
Suport de eprubete



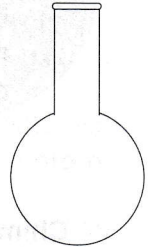
Eprubetă



Tub în formă de U



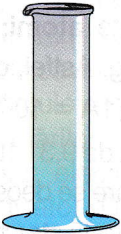
Balon cu fund plat



Balon



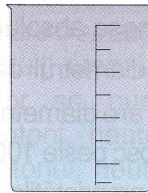
Cilindru gradat



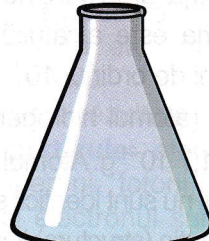
Cilindru



Cristalizer



Pahar Berzelius



Erlenmeyer



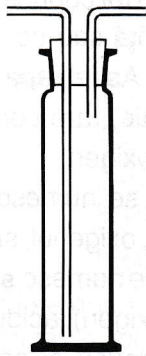
Sticlă de ceas



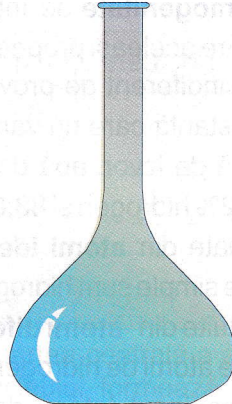
Baghetă



Pâlnie



Vas de spălare



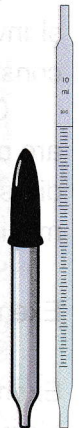
Balon cotat



Mojar cu pistil



Capsulă



Pipete



## 1.1. Atomii – componente ale substanțelor

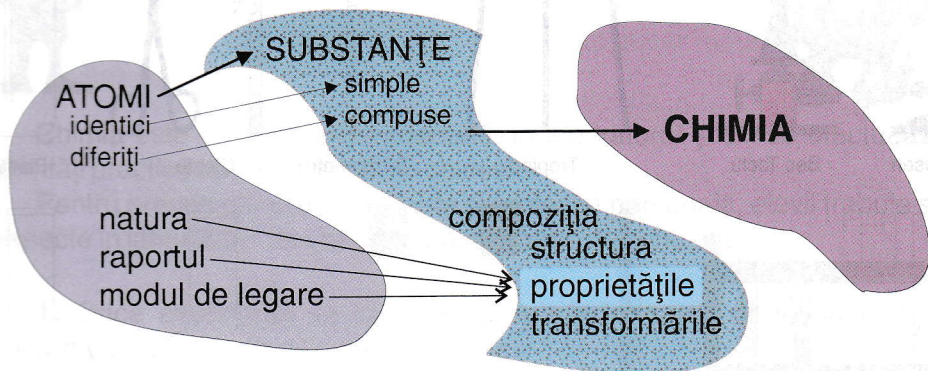


Fig. 1.1. Chimia ca știință

**Chimia** este știința care studiază compoziția, structura, proprietățile substanțelor și transformările lor reciproce.

Întreaga lume care ne înconjoară este formată din **materie**.

Materia este alcătuită din particule extrem de mici numite **atomi**; ei au dimensiuni de ordinul  $10^{-10}$  m și mase absolute de ordinul  $10^{-24}$  g. Astfel, cel mai mic atom (atomul hidrogen) are diametrul de aproximativ  $1\text{Å}$  ( $1\text{Å} = 10^{-10}$  m) și masa de  $1,7 \cdot 10^{-24}$  g. Atomul de fier are diametrul de  $2,5\text{Å}$  și masa de  $9,3 \cdot 10^{-24}$  g.

Atomii nu sunt identici; se cunosc peste 100 specii de atomi care se deosebesc prin constituția (structura) lor și prin proprietățile determinate de această structură.

**Substanțele** sunt specii omogene de materie care au compoziție definită și invariabilă. Prin **omogenitate** se înțelege că porțiunea de materie care constituie substanța are aceleași proprietăți în tot cuprinsul ei.

Orice substanță, indiferent de proveniență sau de modul de preparare, are o compoziție constantă care nu variază. Astfel, apa pură, deși provenită din surse diferite (apă de izvor, apă de ploaie), are compoziția procentuală masică aceeași: 11,12% hidrogen și 88,88% oxigen.

Substanțele formate din **atomi identici** se numesc **substanțe simple**. Exemple de substanțe simple sunt hidrogenul, oxigenul, sulful, fierul, zincul etc.

Substanțele alcătuite din **atomi diferiți** se numesc **substanțe compuse**. Exemple: apa (conține atomi de hidrogen și oxigen), acidul clorhidric (atomi de hidrogen și clor), amoniacul (atomi de hidrogen și azot), acidul sulfuric (atomi de hidrogen și sulf).

Diversitatea substanțelor chimice se datorește: naturii atomilor ce le compun, raportului dintre atomi și modului de legare a atomilor între ei.

a) **Natura atomilor componenți:** de exemplu, hidrogenul (format din atomi de hidrogen) este un gaz care arde, oxigenul (compus din atomi de oxigen) nu arde, dar întreține arderea, spre deosebire de azot (format din atomi de azot) care nu arde și nici nu întreține arderea.

b) **Raportul dintre atomi:** apa ( $H_2O$ ), în care raportul numeric H/O = 2/1 iar raportul masic H/O = 1/8, este un lichid stabil care nu se descompune prin încălzire. Apa oxigenată ( $H_2O_2$ ), cu raportul numeric H/O = 1/1 iar masic H/O = 1/16, are stabilitate mică, se descompune în prezența luminii sau la cald.

c) **Natura legăturilor dintre atomi:** deși formate din atomi identici (carbon) diamantul și grafitul se deosebesc prin proprietăți. În diamant atomii de carbon sunt uniți prin legături puternice și, de aceea, este foarte dur, pe când în grafit legăturile între atomii de carbon sunt slabe, ceea ce explică duritatea mică a grafitului (mina de creion lasă urmă pe hârtie).

Multă vreme s-a crezut că atomii sunt cele mai mici particule materiale posibile. Această părere greșită este exprimată prin însuși cuvântul **atom**, care înseamnă, în limba greacă, ce nu poate fi tăiat.

Într-adevăr, atomii nu se pot descompune (divide) prin procedee obișnuite, cum ar fi descompunerea termică, electroliza etc.

Descoperirile de la sfârșitul secolului al XIX-lea și începutul secolului al XX-lea, din domeniul fizicii: descărcările electrice în gaze rarefiate, emisiile de electroni din materialele incandescente, radioactivitatea etc., au dus la concluzia că *atomul este divizibil și are o structură complexă*.

Particulele din care sunt alcătuiți atomii, ca și cele rezultate în cursul transformărilor nucleelor atomilor se numesc **particule elementare**, (exemplu: electroni, neutrino, protoni, neutroni, hiperoni, fotonii, mezonii, pozitronii etc). Dintre acestea, protonul, neutronul și electronul sunt considerate **particulele fundamentale** care intră în constituția atomului. Ele au următoarele caracteristici:

Tabelul 1.1

Particula	proton	neutron	electron
Sarcina electrică relativă	+1	0	-1
Masa (u.a.m.)	≈1	≈1	≈1/1840
Simbol	${}^1_1p(p^+)$	${}^1_0n(n)$	${}^{-1}_-e(e^-)$

Protonii și neutronii se găsesc în partea centrală a atomului (*în nucleu*); electronii care gravitează în jurul nucleului formează *învelișul electronic*. Numărul protonilor din nucleu este egal cu numărul electronilor din învelișul electronic; de aceea, orice atom este neutru din punct de vedere electric.

**?** Dacă nucleul conține protonii (pozitivi) și neutronii (neutri), care este sarcina nucleului?

Suma protonilor din nucleu se numește *număr atomic* și se notează cu  $Z$ .

În cazul în care numărul electronilor din înveliș diferă de numărul protonilor din nucleu, specia chimică se numește *ion*.

**?** Stabiliți sarcina electrică a ionilor  $A$ ,  $B$ ,  $C$  care conțin:

$$A: 22n, 19p^+, 18 e^-$$

$$B: 16n, 16p^+, 18 e^-$$

$$C: 48n, 38p^+, 36 e^-$$

Dacă se însumează protonii și neutronii din nucleu, rezultă numărul de masă al atomului, notat cu  $A$ . Fiind o sumă de particule, numărul de masă este un număr întreg.

Fiecare element chimic poartă o denumire proprie și este desemnat printr-un simbol.

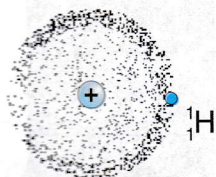
<p>număr de masă</p> <p>→ <math>A</math></p> <p><math>E</math> ← simbol chimic</p> <p>→ <math>Z</math></p> <p>număr atomic</p>	<p>Exemple: <math>{}^{16}_8\text{O}, {}^{24}_{12}\text{Mg}</math></p>
--	---

Deși au sarcină nucleară ( $Z$ ) identică, atomii aceluiași element se pot deosebi între ei prin numărul de masă ( $A$ ). Acești atomi se numesc **izotopi** sau **nuclizi**.

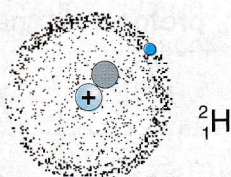
Izotopii (nuclizii) sunt atomii aceluiași element care au în nucleu același număr de protoni (număr atomic egal) dar au un număr diferit de neutroni (număr de masă diferit).

Izotopii unui element ocupă același loc în sistemul periodic (în grecește *isos* – același, *topos* – loc). Denumirea de izotop a fost înlocuită cu cea de nuclid.

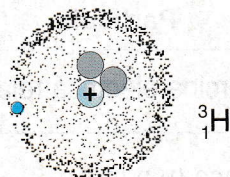
Hydrogenul, cu  $Z = 1$  are trei izotopi, modelați mai jos:



(Protium)



(Deuteriu)



(Tritiu)

În cazul elementului carbon, s-au identificat 12 izotopi; dintre aceștia, cel mai stabil este izotopul  ${}^{12}_6\text{C}$ . Acest izotop a fost ales ca izotop de referință.

Unitatea atomică de masă (u.a.m.) este 1/12 din masa izotopului atomului de carbon care conține în nucleu șase protoni și șase neutroni (care are număr atomic 6 și număr de masă 12).



Atomul este neînchipuit de mic. Chiar și cel mai mic grăunte de praf, care de-abia se poate vedea, constă din miliarde de atomi.

Pentru prima dată filosoful grec Democrit (460-390 î.Hr.) a afirmat că materia este alcătuită din niște „pietre de construcție indivizibile” extrem de mici, pe care le-a numit „atomi”; cuvântul atom derivă din limba greacă și înseamnă „ce nu poate fi tăiat”.

Multă vreme s-a crezut că atomii sunt ultimele particule de materie. Descoperirile din fizică din secolul al XVIII-lea (razele X, razele catodice, radioactivitatea) au demonstrat existența unor particule mai mici ca atomul (componente ale acestuia).

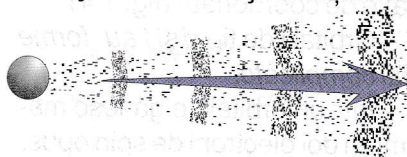
În anul 1897 fizicianul englez J.J. Thomson descoperă *electronul* (cel mai mic și cel mai ușor element constitutiv al atomului). Cunoscându-se numai electronul, nu s-au putut dezlega secretele atomului, deoarece electronul are sarcina negativă, pe când atomul este neutru din punct de vedere electric. Fizicianul englez E. Rutherford descoperă în 1914 particula cu sarcina pozitivă din atom numită *proton* (s-a constatat că protonul este de 1836 de ori mai greu decât electronul). După 18 ani (în 1932) la Cambridge, James Chadwick descoperă *neutronul* (pentru care a fost distins cu premiul Nobel).

După descoperirea acestor particule fundamentale din atom, au fost puse în evidență și alte particule elementare: neutrino, hiperoni, mezoni, pozitroni etc.

## 1.2. Structura învelișului electronic

Totalitatea electronilor care gravitează în jurul nucleului formează *învelișul electronic* al atomului.

Reamintiți-vă din clasa a VII-a notarea straturilor ce conțin electronii din învelișul electronic și variația energiei.



Stratul	K(1)	L(2)	M(3)	N(4)
Nr. maxim de electroni	2	8	18	32

Fig. 1.2. Creșterea energiei o dată cu creșterea numărului de straturi.

Deci:

- electronii unui atom sunt grupați în straturi notate cu numerele 1, 2, 3, ..., 7 sau literele K, L, M, N, O, P și Q;
- numerotarea se face de la nucleu spre exterior, în ordinea creșterii energiei;
- pentru primele straturi numărul maxim de electroni este dat de relația:

$$\text{Nr. } e^- = 2n^2 \quad (n = \text{numărul stratului})$$

În mișcarea lor rapidă în jurul nucleului, electronii nu urmează niște traiectorii precise (cercuri sau elipse). Cu toate acestea, ei se pot găsi cu mare probabilitate în anumite regiuni ale spațiului din jurul nucleului, formând **nori de electricitate negativă**, numiți **orbitali** (teoria modernă).

Astfel, cel mai simplu atom (atomul de hidrogen) are un singur electron, care determină în mișcarea sa un nor electronic de formă sferică (orbital de simetrie sferică; fig. 1.3).

O caracteristică a oricărui orbital este aceea că în el nu se pot găsi mai mult de doi electroni.

Electronul, ca și celelalte particule elementare, are o proprietate specifică, care a fost denumită **spin**. În cazul electronului, această proprietate se caracterizează prin două orientări posibile în raport cu o direcție din spațiu, aleasă convențional ca referință. Doi electroni cu spin opus se simbolizează pentru un orbital:  $\uparrow\downarrow$

### Modelarea orbitalilor:

Orbital: pe jumătate ocupat (monoelectronic)  
 $\uparrow$  sau  $\uparrow$   
 electron necuplat

complet ocupat  
 $\uparrow\downarrow$  sau  $\downarrow\uparrow$   
 electroni cuplați

Se cunosc patru tipuri de orbitali care se deosebesc între ei atât prin formă cât și prin energie. Ei sunt notați cu literele *s*, *p*, *d* și *f*.

Orbitalul de tip *s* este de formă sferică (fig. 1.3).

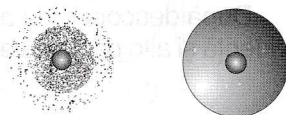


Fig. 1.3. Orbital de tip *s* de formă sferică.

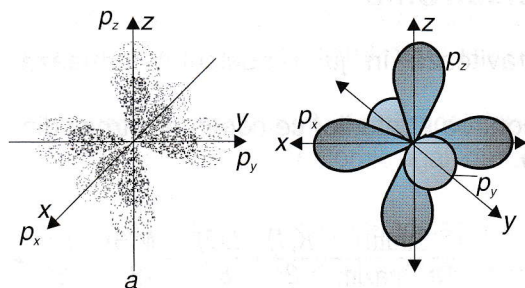


Fig. 1.4. Orbitali de tip *p* de formă bilobară.

Un orbital de tip *p* are formă bilobară. Orbitalii de tip *p* sunt în număr de 3:  $p_x$ ,  $p_y$ ,  $p_z$ . Ei sunt orientați în spațiu după cele 3 axe de coordonate (fig. 1.4).

Orbitalii de tip *d* și *f* au forme mai complicate.

Într-un orbital se găsesc maximum doi electroni de spin opus.

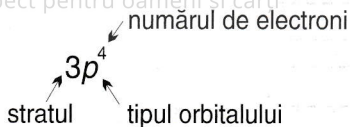
În tabelul de mai jos se indică numărul de orbitali din fiecare tip și numărul maxim de electroni care îi completează.

Tabelul 1.2

Tipul orbitalului	Numărul de orbitali	Numărul maxim de electroni
<i>s</i>	1	$1 \cdot 2 = 2$
<i>p</i>	3	$3 \cdot 2 = 6$
<i>d</i>	5	$5 \cdot 2 = 10$
<i>f</i>	7	$7 \cdot 2 = 14$

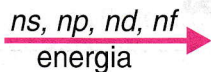
Toți electronii care se găsesc pe același tip de orbital al unui strat au aceeași energie și formează un **nivel energetic** numit și **substrat**.

Notăția unui strat se face indicând numărul stratului (1, 2, 3, 4...) și tipul de orbital (s, p, d, f). De exemplu 1s, 2p, 4f.



Ce indică notația  $3p^4$ ?  
În învelișul electronic, în substratul 3p se găsesc 4 electroni (atomul are  $4e^-$  pe orbitalii de tip p ai stratului 3).

Energia orbitalilor unui strat crește în ordinea:



În tabelul 1.3 urmăriți componența primelor patru straturi electronice.

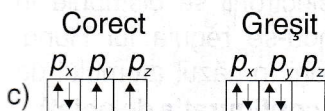
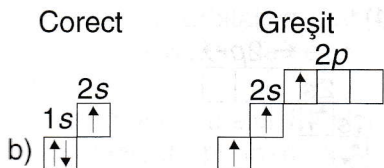
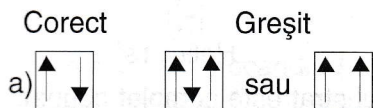
Tabelul 1.3

Stratul	1 (K)	2 (L)	3 (M)	4 (N)
Substratul	1s	2s 2p	3s 3p 3d	4s 4p 4d 4f
Nr. total de $e^-$ pe substrat	2	2 6	2 6 10	2 6 10 14
Nr. total de $e^-$ pe strat	2	8	18	32

Ordinea ocupării cu electroni a straturilor și substraturilor se stabilește după anumite reguli. Să deducem aceste reguli, folosindu-ne de exemplele de mai jos.

EXEMPLE:

REGULI:



a) Într-un orbital nu se pot afla decât cel mult doi electroni de spin opus (*principiul lui Pauli*).

b) Electronii tind să ocupe în atom nivelurile de energie cât mai joase (electronul adăugat se găsește într-un nou substrat, numai dacă substratul precedent este complet ocupat); nivelurile de energie relativă ale orbitalilor atomici sunt redată în figura 1.5.

c) Un orbital este ocupat cu doi electroni (cuplați) doar după ce toți orbitalii substratului respectiv au câte un electron (tendința de a exista într-un substrat maximum de electroni necuplați) – *regula lui Hund*.

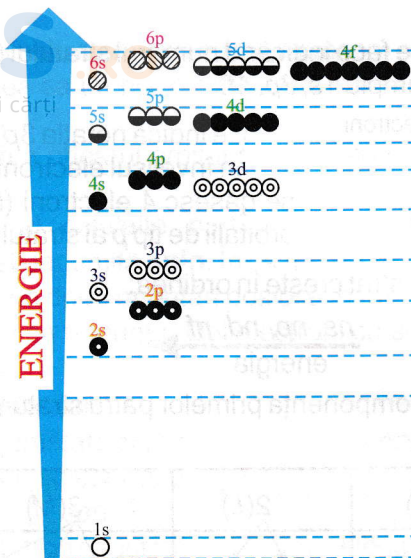


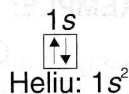
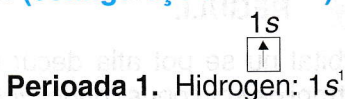
Fig. 1.5. Niveluri de energie relativă ale orbitalilor atomici

Distribuția electronilor în straturi și substraturi prin respectarea principiului lui Pauli și ocuparea nivelurilor în ordinea crescătoare a energiilor determină **configurația electronică** a unui atom.

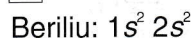
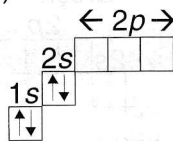
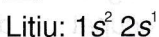
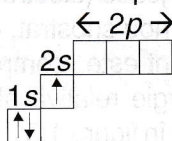
Atomul unui element chimic se deosebește de atomul elementului precedent din tabelul periodic prin faptul că posedă un electron în plus pe unul din orbitalii lui. Acesta se numește electron **distinctiv**.

Exemplificăm în continuare distribuția electronilor în atomii primelor elemente din tabelul periodic.

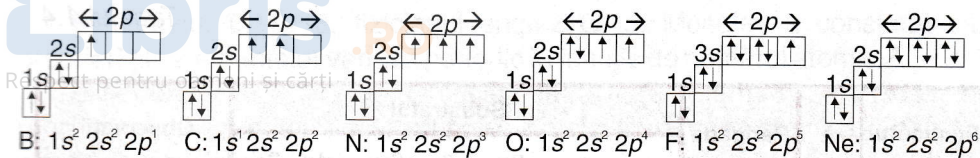
Atomul de hidrogen are un singur electron pe orbitalul s al primului strat ( $1s^1$ ). La atomul de heliu se completează acest orbital cu doi electroni de spin opus (**configurația de dublet**).



**Perioada 2.** La litiu ( $Z = 3$ ), deoarece primul strat este complet ocupat, electronul distinctiv se plasează în orbitalul s al celui de-al doilea strat. Substratul 2s este complet ocupat la beriliu ( $Z = 4$ ).

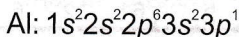
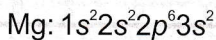
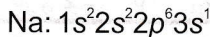


Începând cu atomii elementului bor ( $Z = 5$ ), electronii se distribuie în orbitalii p ai stratului 2 (substratul 2p) respectându-se regula lui Hund. Substratul 2p este complet ocupat cu șase electroni în cazul atomului de neon, care conține astfel pe ultimul strat opt electroni (**configurație de octet**).

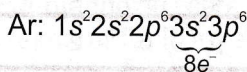


**?** Pe ce substrat se găsește electronul distinctiv al atomului de sodiu ( $Z=11$ )? Elementele perioadei a 3-a (formată din 8 specii de atomi), cu numerele atomice ( $Z$ ) variind de la 11 la 18, își completează stratul 3, respectiv substraturile 3s, cu 2 electroni și 3p cu 6 electroni.

Configurația electronică a primelor elemente din perioada a 3-a este:



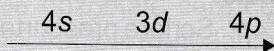
**?** Notați configurația electronică a atomilor elementelor: Si, P, S, Cl care au în curs de completare substratul 3p. Elementul Ar (ultimul din perioada a 3-a) are configurația stabilă de octet pe ultimul strat:



Perioada a 4-a începe cu elementul potasiu ( $Z = 19$ ) la care electronul distinctiv se plasează în substratul 4s.

Configurația electronică a K:  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^1$ , scriere prescurtată  $[Ar]4s^1$ . Elementul următor, calciu ( $Z = 20$ ) are substratul 4s completat cu 2 electroni: Ca:  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2$ , scriere prescurtată  $[Ar]4s^2$ .

În figura 1.5. se observă că energia substratului 3d este cuprinsă între energia substraturilor 4s și 4p; știind că electronii ocupă în primul rând nivelul cu cea mai mică energie deducem că ordinea completării ultimelor substraturi la elementele perioadei a 4-a este:



La elementul scandiu ( $Z = 21$ ) electronul distinctiv se plasează în substratul 3d; cu scandiu începe primul șir de *elemente (metale) tranzitionale* care formează grupele secundare ale tabelului periodic.

Deoarece orbitalii d sunt în număr de 5 și fiecare se ocupă cu 2e<sup>-</sup> de spin opus, ne explicăm de ce în perioada a 4-a se găsesc 10 *elemente tranzitionale*.

Urmăriți în tabelul 1.4 distribuția electronilor pe substraturi la elementele tranzitionale din perioada a 4-a.

**?** Folosindu-vă de tabelul 1.4, scrieți configurația electronică a atomului de fier ( $Z=26$ ).

Substratul de tip d, pe jumătate ocupat (cu 5 electroni) sau total ocupat (cu 10 electroni), prezintă o stabilitate mai mare. Ca urmare, în unele cazuri, are loc saltul unui electron din orbitalul s în orbitalul de tip d (din 4s în 3d).