

Lector universitar dr. CRISTINA TĂBLEȚ

Chimie generală și anorganică

Suport de curs

EDITURA UNIVERSITĂȚII „TITU MAIORESCU” • EDITURA HAMANGIU
BUCUREȘTI • 2023

1. STRUCTURA ATOMULUI

1.1. Noțiuni introductive

Chimia aparține științelor exacte. Obiectul ei este studiul compoziției și al proprietăților materiei. Prin **materie** se înțelege tot ceea ce ne înconjoară și are masă.

Încă din cele mai vechi timpuri oamenii s-au întrebat din ce este alcătuită materia. Astfel, Democrit (~ 400 î. Hr.) descria lumea înconjurătoare ca fiind o combinație de atomi și vid. Cuvântul **atom** provine de la *atomos*, care în limba greacă înseamnă indivizibil. Așadar, atomul era considerat o particulă indivizibilă și eternă. Pentru existența atomului nu existau dovezi experimentale la acel moment, ci numai intuiție: materia trebuie să fie alcătuită din părți mai mici.

Idea lui Democrit este preluată două secole mai târziu de către John Dalton, sub forma unui model cunoscut ca **teoria atomică a lui Dalton** (1803). Acesta susținea că:

- materia este constituită din particule numite atomi care sunt indivizibili;
- toți atomii unui element sunt identici;
- atomii unui element nu pot fi transformați în atomii altui element;
- atomii diferitelor elemente au masă diferită și proprietăți chimice diferite;
- atomii se combină în anumite rapoarte pentru a forma compuși;
- atomii nu pot fi creați sau distruși.

Se introduc astfel noțiuni noi precum: element chimic, substanță chimică, compuși chimici.

Elementul chimic este o formă de materie care constă numai dintr-un singur tip de atomi. De exemplu: elementul hidrogen, elementul oxigen, elementul argint etc.

O **substanța chimică** este o formă de materie care are proprietăți fizice și chimice bine definite. Ea poate fi alcătuită dintr-un singur element (de exemplu: fierul, aurul, oxigenul etc.) sau dintr-o combinație de elemente. Când două sau mai multe elemente diferite se leagă între ele în proporții fixe se obțin **compuși chimici**. De exemplu, apa (H_2O) este un compus chimic format din doi atomi de hidrogen și unul de oxigen, peroxidul de hidrogen (H_2O_2) este un compus chimic format din doi atomi de hidrogen și doi de oxigen. Acești compuși au proprietăți fizice și chimice care diferă total de elementele din care sunt alcătuiți. Făcând diferența dintre substanța chimică și compușii chimici, se poate spune că toți compușii chimici sunt substanțe chimice, însă nu toate substanțele chimice sunt compuși chimici (de exemplu, O_2 este o substanță, dar nu este un compus chimic).

Mai târziu, spre sfârșitul secolului al XIX-lea și începutul secolului XX au loc câteva descoperiri importante:

- În anul 1896, Antoine Henri Becquerel, fizician francez, descoperă că uraninitul, un mineral al uraniului, emite spontan radiații. Acest fenomen a fost denumit **radioactivitate**. Ulterior, s-au evidențiat trei tipuri de radiații: radiație α (constă în particule α care sunt ioni pozitivi de heliu He^{2+}), radiație β (constă în particule β care sunt electroni cu viteze foarte mari) și radiație γ (un tip de radiație care nu are sarcină electrică și nu este deviată nici în câmp electric, nici în câmp magnetic).

- În anul 1897, fizicianul englez Joseph John Thomson descoperea **electronul**. Experimentul său a constatat în aplicarea unei diferențe foarte mari de potențial între doi electrozi, un anod (polul pozitiv) și un catod (polul negativ), aflați într-un tub de sticlă vidat. Thomson a observat că, în urma descărcării electrice, catodul emitea un flux de particule care erau atrase de anod, deci erau încărcate negativ. Au fost denumite **raze catodice** și puteau fi observate indiferent din ce material era confecționat catodul. Aceste particule negative, subatomice, nu erau altceva decât electronii. În câmp magnetic, razele catodice erau deviate. Gradul de deviere i-a permis lui Thomson să calculeze raportul dintre sarcina electronului și masa sa: $e/m = 1,75882 \cdot 10^8$ C/g. Totodată, tubul catodic a stat la baza dezvoltării primelor generații de televizoare: televizoarele CRT (cathode ray tube), astăzi înlocuite de cele LED (light-emiting diodes), LCD (liquid crystal display) sau plasmă.
- În anul 1909, fizicianul american Robert Andrews Millikan determină sarcina electronului prin așa-numitul experiment al picăturii de ulei. Millikan găsește că sarcina electronului este $1,602 \cdot 10^{-19}$ C. Cum raportul e/m era cunoscut, s-a putut afla și masa electronului: $m = 9,1 \cdot 10^{-21}$ kg.

Așadar, la sfârșitul secolului al-XIX-lea despre atom se știa că este neutru din punct de vedere electric și că în atom există sarcini negative care sunt purtate de electroni. Se pune așadar întrebarea cum sunt distribuiți electronii în interiorul atomului. Astfel au apărut așa-numitele **modele atomice** care încearcă să explice structura atomului și care vor fi prezentate în continuare.

1.2. Modelul „budincă cu stafide”

A fost propus în 1904 de către Joseph John Thomson, cel care a descoperit existența electronilor în atom. Potrivit acestuia, electronii sunt răspândiți într-o sferă pozitivă precum stafidele în budincă (**Figura 1.1.**).

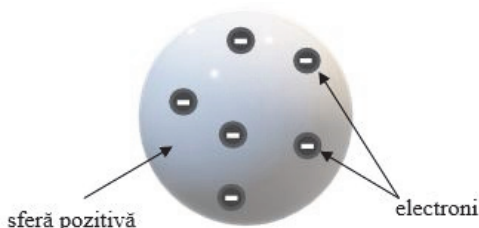


Figura 1.1. Modelul „budincă cu stafide” propus de J.J. Thomson.

Testarea modelului a fost făcută șase ani mai târziu de către Ernest Rutherford.

1.3. Modelul atomic planetar

Ernest Rutherford trece un fascicul de particule α emis de o sursă radioactivă printr-o foiță foarte subțire de aur (**Figura 1.2.**). Particulele α sunt de fapt ioni de heliu (He^{2+}). Rutherford se aștepta ca particulele α , care sunt expulzate cu viteze de ordinul a 15000 km/s, să treacă prin foița de aur fără să fie aproape deloc deviate. Și într-adevăr, majoritatea particulelor α treceau nedeviate sau erau foarte puțin deviate. Dar, în mod surprinzător, existau și particule deviate cu unghiuri de 90° sau chiar mai mari.

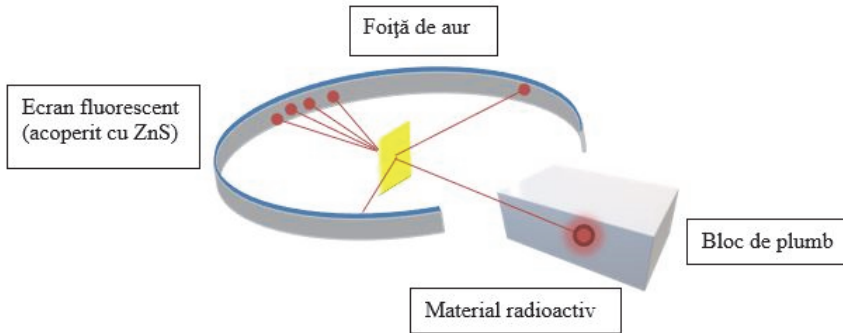


Figura 1.2. Schema experimentului Rutherford.

Cum majoritatea razelor α nu sunt oprite de foaia metalică înseamnă că atomul nu este format dintr-o masă compactă, ci are o structură lacunară, adică în atom există spațiu gol. Faptul că exista un procent mic de raze care sunt deviate de la direcția inițială cu un unghi mare nu putea fi datorat ciocnirilor cu electronii care sunt de aproximativ 7.000 de ori mai ușori decât particulele α . Devierea particulelor α a fost pusă pe seama ciocnirii cu o masă mare, încărcată pozitiv, care ocupa o zonă mică în spațiu și care a fost denumită **nucleu**.

Astfel, atomii au în centru un nucleu, dens, încărcat pozitiv și care conține întreaga masă a atomului. În jurul nucleului se găsesc electronii care se mișcă pe orbite circulare asemănător mișcării planetelor în jurul Soarelui. Din acest motiv acest model se numește **modelul planetar**. Atomul fiind neutru din punct de vedere electric, numărul electronilor este egal cu cel al sarcinilor pozitive din nucleu. Între electroni (încărcați negativ) și nucleu (încărcat pozitiv) se exercită forțe de atracție de tip coulombian.

Însă, conform electrodinamicii, o sarcină aflată în mișcare circulară accelerată ar trebui să piardă continuu energie, iar electronul ar sfârși prin a cădea pe nucleu și atomul ar înceta să mai existe, ar fi instabil.

Așadar, cu toate că are meritul introducerii nucleului, modelul propus de Rutherford nu poate să descrie în întregime structura atomului și trebuia corectat.

1.4. Modelele cuantice

Lumină asupra structurii atomului a fost făcută cu ajutorul... luminii. **Lumina** este o radiație electromagnetică, așadar constă dintr-un câmp electric și unul magnetic care oscilează în planuri perpendiculare și se generează reciproc.

1.4.1. Lumina ca undă

Proprietățile de undă ale luminii erau unanim recunoscute. Astfel, ca orice undă, lumina poate fi caracterizată de:

- **lungime de undă** (notată λ); reprezintă distanța dintre oricare două maxime sau minime succesive ale unei unde (**Figura 1.3.**);
- **frecvență** (notată ν); reprezintă numărul de unde care trec printr-un punct într-o secundă; se măsoară în s^{-1} sau Hz;
- **amplitudine**; reprezintă distanța maximă parcursă de undă de la poziția de zero; ea dă intensitatea (strălucirea) luminii.

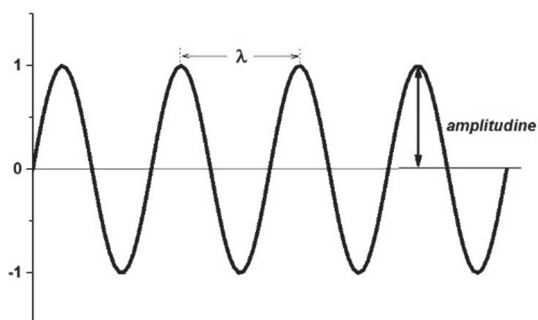


Figura 1.3. Reprezentarea schematică a lungimii de undă și a amplitudinii unei unde.

Între frecvență (ν), lungimea de undă (λ) și viteza luminii c există următoarea relație:

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

unde c este $2,988 \times 10^8$ m/s.

În funcție de lungimea de undă, radiația electromagnetică este de mai multe tipuri (**Figura 1.4.**):

- **raze γ** – sunt emise de unele elemente radioactive; având energie mare dăunează bioorganismelor;
- **raze X** – folosite pentru examinarea structurii interne a organismelor; în doze mari sunt vătămătoare;
- **ultraviolet (UV)** – componentă a luminii solare; cauzează arsuri, iar expunerea repetată poate duce la cancer de piele;
- **vizibil** – este radiația electromagnetică pe care o putem vedea; în funcție de λ , lumina poate avea diferite culori;
- **infraroșu (IR)** – radiația IR este simțită drept căldură;
- **microunde** – folosite la gătit;
- **unde radio** – pentru comunicații radio, tv, wireless, în măsurători RMN.

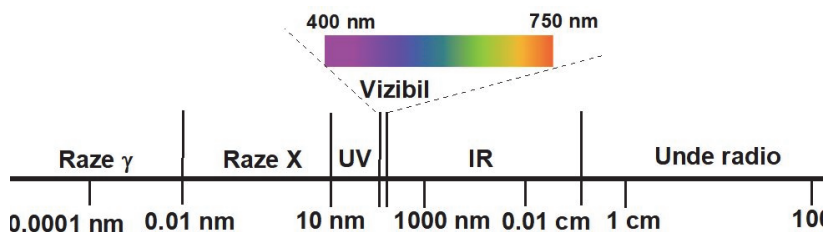


Figura 1.4. Spectrul electromagnetic.

1.4.2. Lumina ca particulă

În anul 1900 Max Planck introduce noțiunea de **cuantă**. Potrivit acestuia, **absorbția** și **emisia** luminii sunt cuantificate. Astfel, un atom nu poate absorbi sau emite orice cantitate de lumină, ci doar o anumită cantitate numită **cuantă de lumină**.

Energia unei cuante de lumină este dată de ecuația lui Planck:

$$E = h\nu$$

unde h este constanta Planck ($h = 6,626 \times 10^{-34}$ J s), iar ν este frecvența luminii. Deși are o valoare foarte mică, constanta lui Planck este totuși diferită de zero și, în consecință, comportarea cuantică diferă de cea clasică. Altfel spus, valoarea extrem de mică a constantei lui Planck determină ca teoria cuantică să nu prezinte importanța la nivel macroscopic, ci doar la scală atomică.

Teoria cuantelor propusă de Planck este folosită în 1905 de Albert Einstein pentru a explica expulzarea instantanee de electroni de pe suprafața unui metal atunci când un fascicul de lumină, cu energie suficient de mare, cade pe suprafața acestuia. Acest fenomen este cunoscut drept **efect fotoelectric**. Einstein arată că lumina este formată din cuante pe care le numește **fotoni**. Așadar, fotonul este o particulă de lumină.

Se demonstrează astfel dualismul undă-particulă: lumina se poate comporta și ca undă și ca particulă.

1.4.3. Spectroscopia și rolul ei în elucidarea structurii atomului

În elucidarea structurii atomului un rol esențial l-a avut **spectroscopia**. La originea sa, cuvântul spectroscopie înseamnă observarea imaginilor (a spectrelor). În viziunea modernă, prin spectroscopie se înțelege interacția luminii cu