

# Lucrarea 9 :

## Studiul modelului atomic al lui Rutherford

### 1 Considerații teoretice

După ce s-a stabilit că în atom sunt sarcini electrice atenția a fost îndreptată asupra formulării unui model de atom care să explice fenomenele observate spectroscopic. Toate modelele propuse au considerat că atomul este neutru din punct de vedere electric.

Primul model atomic, propus de J.J.Thomson (1903), presupunea atomul format dintr-o sarcină pozitivă, uniform distribuită într-o sferă de rază egală cu raza atomului ( $\sim 10^{-10}$  [m]), iar electronii sunt distribuiți aleator în cuprinsul aceleiași sfere astfel ca sarcina totală a atomului să fie nulă (modelul *cozonac cu stafide*).

Studiul împrăștierii particulelor rapide prin substanță a condus la concluzia că sarcina pozitivă a atomului este concentrată într-un volum de rază mai mică decât  $< 10^{-10}$  [m] (Lenard, 1903).

Rutherford, Geiger și Marsden au studiat împrăștieria particulelor  $\alpha$  (atomi de Helium dublu ionizați) pe atomii din folii metalice subțiri și au observat că numărul particulelor  $\alpha$  împrăștiate depinde de unghiul de împrăștiere. Acest mod de împrăștiere nu putea fi explicată de modelul Thomson. Ca urmare Rutherford a elaborat, în 1911, modelul care-i poartă numele, model în care atomul are o structură granulară, toată sarcina pozitivă și aproape toată masa acestuia este localizată într-o regiune de ordinul  $\sim 10^{-14}$  [m], numită *nucleul atomului*, în restul volumului atomului fiind plasați electronii ce asigură neutralitatea electrică a acestuia.

În experimentele dedicate studiului atomului s-a trimis un fascicul de particule  $\alpha$  de aproximativ  $7MeV$  spre proba luată în studiu și s-a constatat că acestea sunt împrăștiate în intervalul unghiular  $0 \div \pi$ . O schemă a unui astfel de experiment, în care am notat cu  $p$  parametrul de impact, adică distanța la care trece particula  $\alpha$ , de sarcină  $2e$ , de nucleul-țintă cu sarcina  $Ze$  este prezentă în *Figura 1*

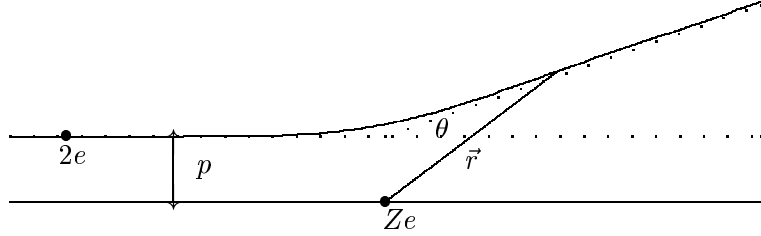


Figura 1

Folosind figura de mai sus putem explica și evalua cantitativ procesul de împrăștiere a particulelor  $\alpha$ . Considerăm că sarcina nucleului împrăștiator este  $Ze$  și cum acesta este mult mai greu decât particula  $\alpha$  cu sarcina  $2e$  considerăm un sistem de referință cu originea în nucleul-țintă. Folosind formalismul lagrangean și lucrând în coordoante polare (nu vom face aceste calcule) se determină unghiul de împrăștiere  $\theta$  a particulei  $\alpha$  în funcție de parametrul de impact,  $p$ , energia cinetică  $\varepsilon_c$  a acesteia și sarcina nucleului-țintă  $Ze$

$$\operatorname{tg} \frac{\theta}{2} = \frac{Ze^2}{4\pi\varepsilon_0\varepsilon_cp}. \quad (1)$$

Ajungând la concluzia că regiunea cu sarcină pozitivă este foarte mică, Rutherford a elaborat un model de atom format dintr-un nucleu în care este concentrată sarcina pozitivă și aproape toată masa atomului, iar electronii cu sarcină negativă și masă mult mai mică decât a nucleului, ce "gravitează" în jurul nucleului, așa numitul *model planetar*.

Să discutăm puțin acest model. Considerăm atomi cu un singur electron periferic, așa numiții *atomi hidrogenoizi*, cu sarcina  $Ze$  și electronul mișcându-se pe o orbită circulară de rază  $\rho$ , orbită pe care forța centrifugă este echilibrată de forța de atracție electrostatică

$$\frac{m_0v^2}{\rho} = \frac{Ze^2}{4\pi\varepsilon_0\rho^2}. \quad (2)$$

Calculăm energia cinetică și energia potențială a electronului și obținem

$$\varepsilon_c = \frac{m_0v^2}{2} = \frac{Ze^2}{4\pi\varepsilon_02\rho}, \quad (3)$$

respectiv,

$$U(r) = -\frac{Ze^2}{4\pi\varepsilon_0\rho}. \quad (4)$$

Energia totală este dată de relația

$$\varepsilon = \varepsilon_c + U(r) = -\frac{Ze^2}{4\pi\varepsilon_0 2\rho}. \quad (5)$$

Electronul în mișcarea lui pe orbită în jurul nucleului, conform legilor fizicii clasice, are o accelerație centripetă. Fiind în mișcare accelerată electronul va radia energie electromagnetică micșorându-și energia, fapt ce ar conduce la micșorarea razei traiectoriei lui și în final la căderea electronului pe nucleu. Adică un astfel de model este instabil din punct de vedere electromagnetic. Pentru înlăturarea instabilității evidențiate mai sus, Niels Bohr a propus în 1913 un alt model, ce îi poartă numele.

## 2 Modul de lucru

Efectuarea lucrării constă în :

1. rularea unui program scris în TP-7 ce propune studiul uneia sau a mai multor traiectorii după meniul de mai jos :
  - (a) o singură traiectorie (1);
  - (b) mai multe traiectorii după numărul atomic Z (2);
  - (c) mai multe traiectorii după energia W (3);
  - (d) mai multe traiectorii după parametrul de impact p (4) ;
2. soluționarea întrebărilor din testele ce vor fi oferite celor care efectuează lucrarea.

# STUDIUL MODELULUI ATOMIC AL LUI RUTHERFORD Testul Nr.1

1. Particulele  $\alpha$  din experimentul Rutherford interacționează cu nucleele prin forțe :
  - (a) de frecare;
  - (b) electrolitice;
  - (c) electrostatice.
2. Parametrul de ciocnire  $p$  reprezintă :
  - (a) raza atomului;
  - (b) raza nucleului;
  - (c) distanța la care ar trece particula  $\alpha$  față de centrul nucleului dacă nu ar fi deviată de la direcția inițială.
3. Cu cât parametrul de ciocnire este mai mare unghiul de împrăștiere este mai mic deoarece :
  - (a) sarcina nucleului scade cu creșterea parametrului de ciocnire;
  - (b) sarcina nucleului crește cu creșterea parametrului de ciocnire;
  - (c) energia de interacțiune dintre particula  $\alpha$  și nucleu este mai mică.
4. Unghiul de împrăștiere a particulei  $\alpha$  :
  - (a) crește cu sarcina nucleului;
  - (b) crește cu parametrul de ciocnire;
  - (c) scade cu viteza particulei.
5. Modelul Rutherford al atomului presupune că :
  - (a) sarcina pozitivă este concentrată într-un volum mic în centrul atomului (nucleu), electronii mișcându-se pe traiectorii circulare în jurul acestuia;
  - (b) sarcina pozitivă este distribuită uniform în tot volumul atomului ca și sarcina negativă;
  - (c) atomul este format din două regiuni disjuncte, una cu sarcina pozitivă și una cu sarcină negativă (tip "halteră") .

**STUDIUL MODELULUI ATOMIC AL LUI  
RUTHERFORD  
Testul Nr.2**

1. Experiențele lui Rutherford au urmărit să determine :
  - (a) raza atomului;
  - (b) distribuția sarcinii electrice în atom;
  - (c) parametrul de ciocnire.
2. Traectoriile particulelor  $\alpha$  în câmpul nucleelor sunt :
  - (a) parabole;
  - (b) hiperbole;
  - (c) elipse.
3. Când parametrul de ciocnire este cuprins între  $10^{-10} \div 10^{-14}$  [m], particulele  $\alpha$  sunt :
  - (a) deviate înainte;
  - (b) nedeviate;
  - (c) deviate la  $\Pi/3$ .
4. Raza nucleului este de ordinul:
  - (a)  $\sim 10^{-10}$  [m];
  - (b)  $\sim 10^{-12}$  [m];
  - (c)  $\sim 10^{-14}$  [m].
5. Modelul atomic al lui Thompson presupune :
  - (a) sarcina pozitivă este concentrată într-un volum mic în centrul atomului (nucleu), electronii mișcându-se pe traiectorii circulare în jurul acestuia;
  - (b) sarcina pozitivă este distribuită uniform în tot volumul atomului ca și sarcina negativă;
  - (c) sarcina pozitivă este distribuită uniform în tot volumul atomului, iar electronii sunt distribuiți aleator în acest volum.