TTÜ

Füüsikaliste protsesside modelleerimine
YFR0310

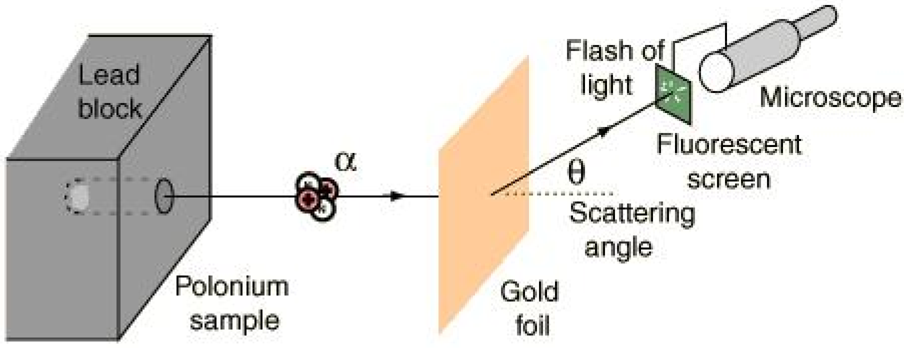
Ainetöö:

Rutherfordi mudel

Üliõpilane: Rait Rand
Õppejõud: M. Klopov

1. Rutherfordi eksperiment

Aastal 1909 Ernest Rutherford ja tema õpilased hans Geiger ja Ernest Marsden viisid läbi eksperimendi milles selgus, et õhukese metallplaadi läbinud α-osakesed ei liikunud edasi mitte otse vaid olid oma algsest trajektoorist kõrvale kallutatud (Joonis nr. 1).

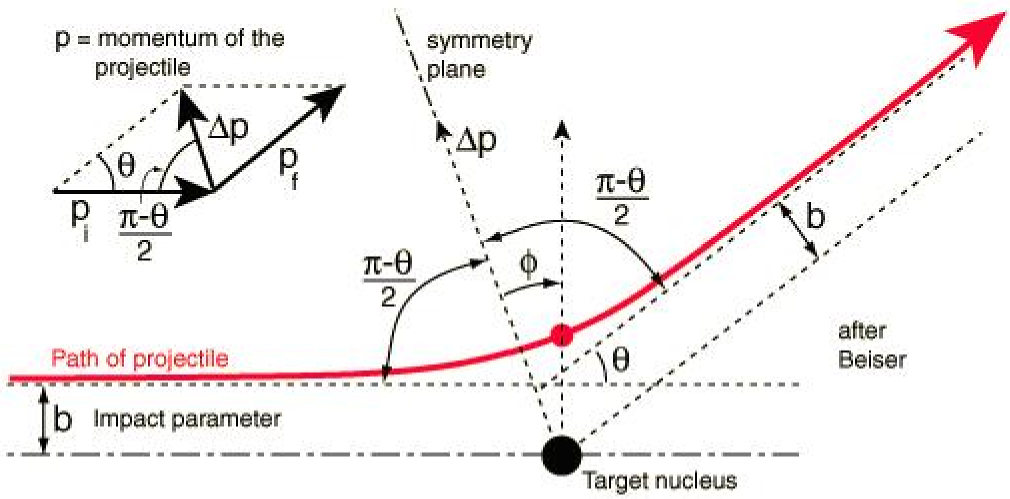


Joonis nr. 1

Hiljem eksperimenti täiustades selgus, et mõned osakesed liiguvad lausa tuldud teed tagasi.
Selgus, et kui laetud α-osake saata nn. thomsoni aatomi mudeli suunas siis ta läbib selle kergelt suunda muutes. Kui aga α-osake saata väga väikese ainult positiivselt laetud tuuma suunas, siis vähesed α-osakesed liikusid tuumale lähedale, kuid ükski ei läbinud tuuma. Uus aatomi mudel oli defineeritud.

2. α-osakeste hajumise geomeetria

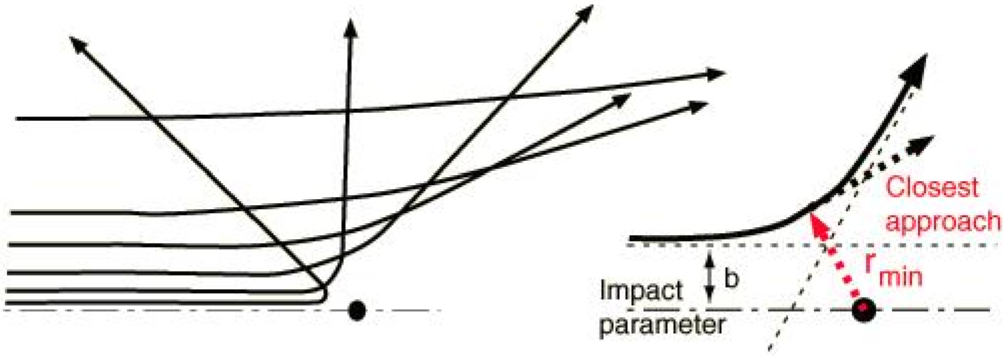
Vastavalt α-osakest aatomi tuumast eemale tõukavale Coulombi jõule tekib α-osakesel hüperboolne trajektoor (Joonis nr. 2).



Joonis nr. 2

3. α-osakese liikumise parameetrite arvutamine

Vastavalt hajumise nurgale (θ) ning momendile saab arvutada vastastikmõju parameetri (b) ning vähima kauguse tuumast (Rmin)



Joonis nr.3

Vastastikmõju parameeter avaldub valemist:

$$b = \frac{Z_1 Z_2 k e^2}{m v_0^2} \cot\frac{\theta}{2}$$

Z_1, Z_2 - aatomi number (heeliumi aatomi number on 2, kullal näiteks 79)

k – elektrostaatika konstant e. Coulombi konstant (8,9876 *10^9 Nm^2C^{-2})

e – elektroni laeng (1.60217646 * 10^{-19})

m - α-osakese mass (6,64*10^{-27} kg)

v_0^2 - α-osakese kiirus (Rutherfordi algses katses 2,0*10^7 m/s)

θ - α-osakese hajumisnurk

Kirjutades välja lugejas oleva avaldise $Z_1Z_2ke^2$ vastavalt Z_1eZ_2ek saame kirjutada lugajaks q_1q_2k kus q_1 ja q_2 on vastavalt α-osakese laeng ja tuuma laeng.

Saadud valem seega avaldatuna hajumisnurga jaoks on

$$\theta = 2\arctan\left(\frac{Z_1Z_2ke^2}{mv_0^2 b}\right)$$

4. Fortrani programmi koodi kirjeldus ning üles-ehitus

4.1. Kasutatav kompileerimise tarkvara

Fortran 95 kelle kompilaatorina kasutasin Windows keskkonnal põhinevat firma Silverfrost kompilaatorit **Plato3 version 3.50**
Graafikute kuvamiseks kasutasin paketti simdem ning täpsemalt graafilist lahendust simdem46

4.2. Fortrani projektis sisalduvad failid

Peaprogramm – rutherford.f95
Alammoodul – graafik.f95
Tugimoodulid – w_clearwin.dll
w_graphics.dll
w_menus.dll

4.3. Graafiku kuvamise muutujad

Graafik moodustatakse 3 punkti järgi.
Punkt. 1 : α-osakese punkt algtrajektooril
Punkt. 2 : α-osakese suuna muutmise punkt
Punkt. 3 : α-osakese punkt lõpptrajektooril

4.4. Graafiku punktide arvutuslik pool

Graafiku 1. punkt on määratud järgnevate koordinaatidega (0,B) kus B on kaugus tuuma keskpunktist

Graafiku 2. punkt on avaldub (x, B) kus x avaldub valemist

200*deltaB-(radius-sqrt((radius*radius)-(B*B)))

Valemi selgitus:

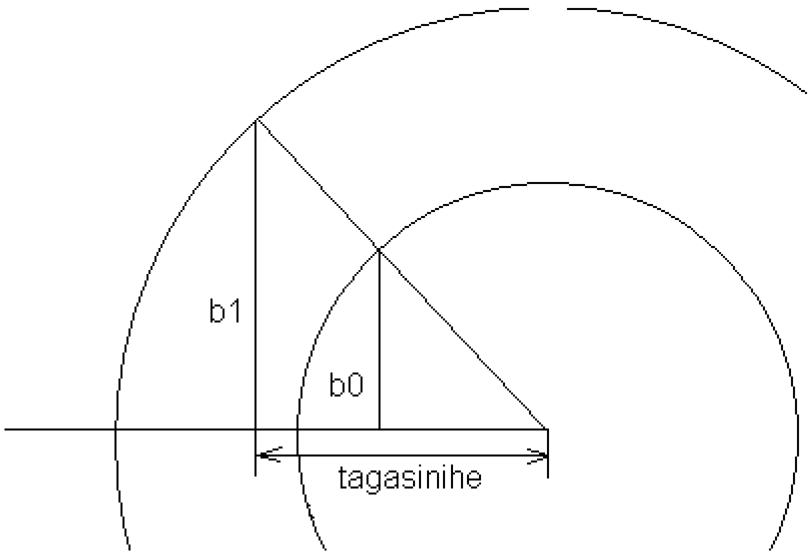
Punkt on nihutatud algasendist ***200*deltaB*** võrra edasi mõõda x-telge. Kasutan muutuvat väärtust, et graafiku resolutsioon oleks olenevata deltaB väärtusest loetavas suuruses.

radius on teoreetiline lähim punkt kuhu α-osake jõuab lähenedes tuumale, trajektooriga mis on tuuma keskpunktis nihkes B võrra ning saadakse avaldisest mis tuleneb lihtsast geomeetriast:

radius=(B*cos(ksii/2))/(1-sin(ksii/2))

Tagasinihe ***–(radius-sqrt((radius*radius)-(B*B)))***

tuleneb pythagorose teoreemist, kui meil on teada 2 üksteise sees olevat ringjoont millel on sama keskpunkt vt. Joonis nr. 4.



Joonis nr. 4.

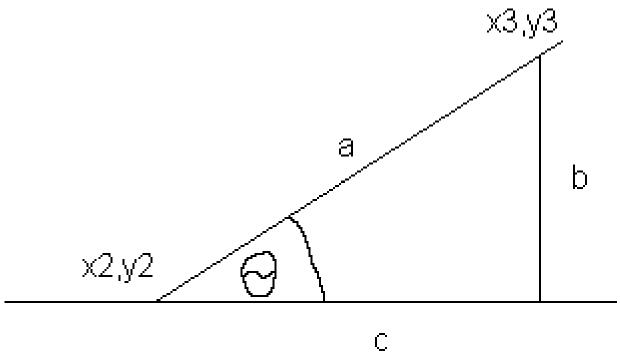
Graafiku 3. punkt avaldub (x3,y3), kus

x3 = x2+(150*deltaB*cos(ksii))

150*deltaB on hüpotenuusi pikkus vt. Joonis nr. 5 ning x3 on vastavast kolmnurgast nurga θ lähiskaatet mille saab avaldada koosinuse ning hüpotenuusi kaudu

y3 = B+(150*deltaB*sin(ksii))

Kus B on kaugus nullpunktist (tuuma keskpunktist) ning 150*deltaB hüpotenuusi pikkus ning kaatet b avaldub siis siinuse ja hüpotenuusi kaudu vt. Joonis nr. 5



Joonis nr. 5

4.5. α-osake lähim kaugus tuumani on saadud järgnevast piirprotsessi avaldisest:

$$\underset{lin\theta \to 180}{R\min} = \frac{Z_1 Z_2 ke^2}{mv_0^2} \cot\frac{\theta}{2} = \frac{Z_1 Z_2 ke^2}{mv_0^2}$$

4.6. <u>Sisend ja väljund failid</u>

Parameetrite sisse lugemine toimub failist nimega *rutherford.in*
Programmis konstantidele määratud muutujad ning järjekord failis on järgnev:
Z1
Z2
v
B0 – graafiku joonistamiseks 1. α-osake mis graafikule kantakse
deltaB – nihe millega järgmise α-osakese hajumise nurk arvutatakse
nB - α-osakeste arv millele hajumisnurk arvutatakse
Näidisena faili sisu:
2
79
2.E7
12.E-39
1.E-17
130

Väljundfail on rutherford.out ning sisaldab: algkiirus (V), α-osakese aatomi number (Z1), tuuma aatomi number (Z2), ning arvutatud väärtuste massivi kaugus tuumast (B), hajumise nurk (Rad), hajumise nurk (Deg)
Näidisena faili sisu:

```
V=   2.000000E+07   Z1=    2.00000   Z2=    79.0000
            B           Rad         Dec
1.200000E-38    3.14159       180.000
```

4.7. <u>Saadud väljund graafiku näol</u>