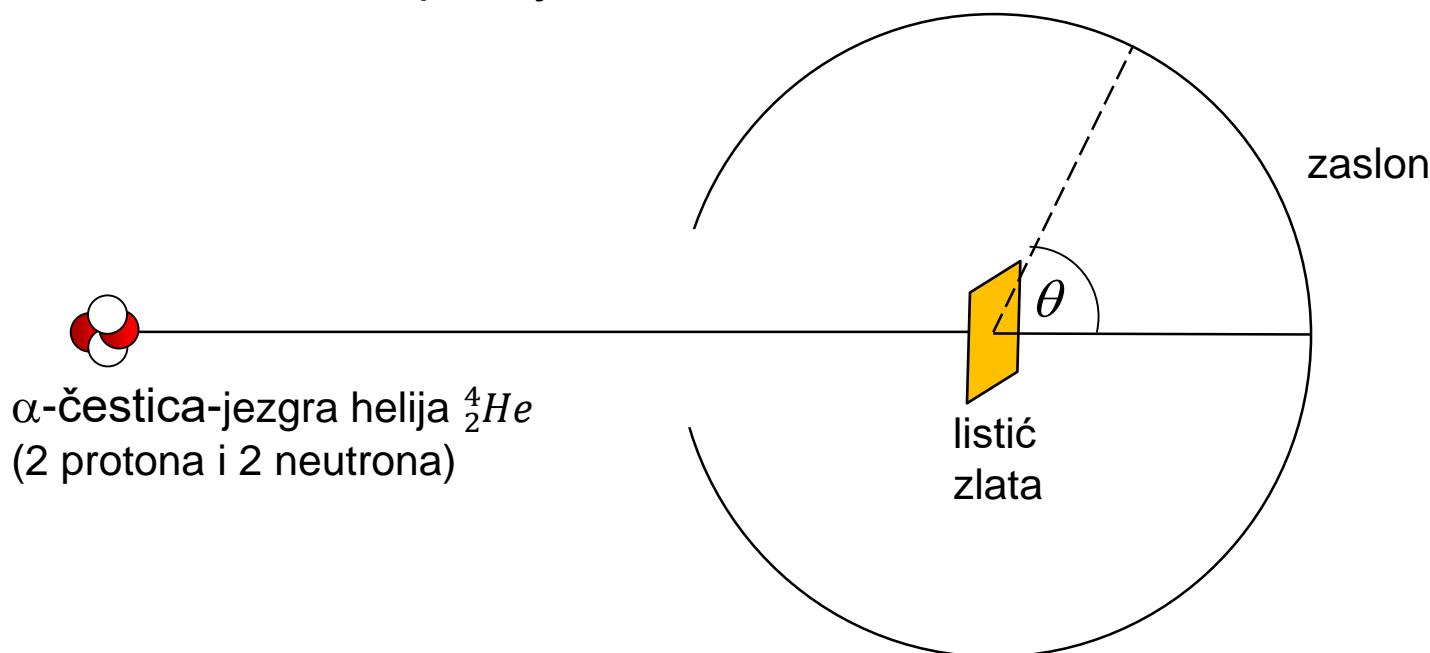


Rutherfordovo raspršenje

1909. godine Rutherford je promatrao raspršenje α -čestica na metalnoj foliji. Nakon prolaska kroz metalnu foliju α -čestice su detektirane na fluorescentnom zaslonu. Na taj način određena je raspodjela α -čestica u ovisnosti o kutu raspršenja θ .

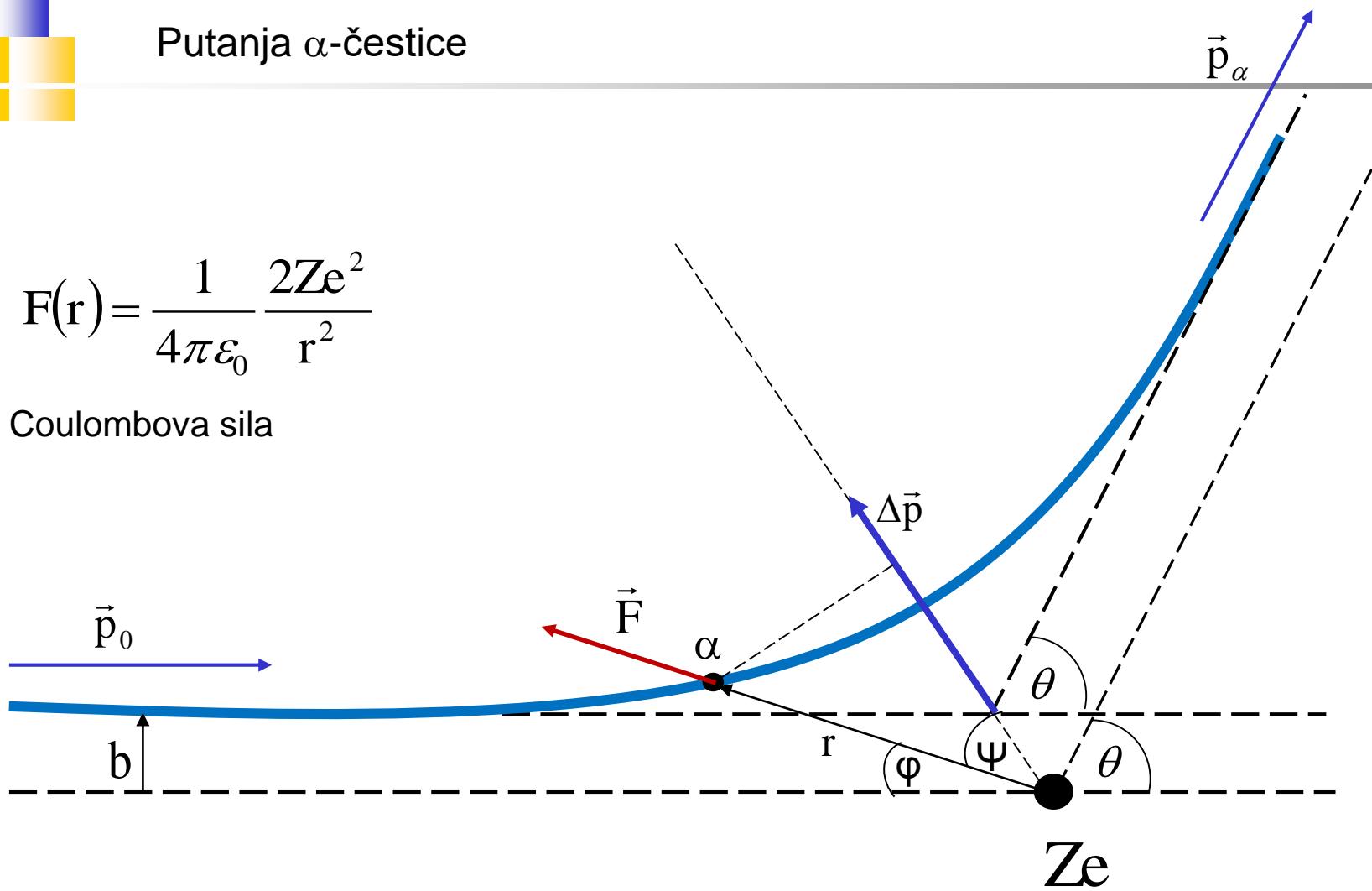


α -čestica-jezgra helija 4_2He
(2 protona i 2 neutrona)

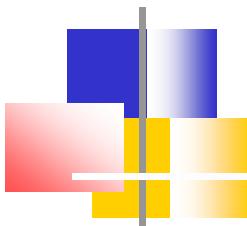
Putanja α -čestice

$$F(r) = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{2Ze^2}{r^2}$$

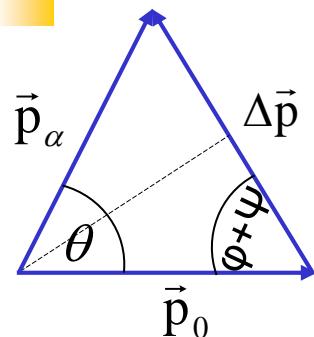
Coulombova sila



Atomi, elektroni i ioni



iz zakona sačuvanja energije



$$p_0 = p_\alpha = m_\alpha v_0 = m_\alpha v_\alpha$$

$$\frac{1}{2} \Delta p = m_\alpha v_0 \sin \frac{\theta}{2} \rightarrow \boxed{\Delta p = 2m_\alpha v_0 \sin \frac{\theta}{2}} \quad (1)$$

$$\Delta \vec{p} = \vec{p}_\alpha - \vec{p}_0 = \int \vec{F} dt \rightarrow \Delta p = \int F \cos \Psi dt$$

$$\varphi + \Psi = \frac{\pi}{2} - \frac{\theta}{2} \rightarrow \Delta p = \int F \cos \left(\frac{\pi}{2} - \frac{\theta}{2} - \varphi \right) dt = \int F \sin \left(\varphi + \frac{\theta}{2} \right) dt$$

$$dt = \frac{d\varphi}{\dot{\varphi}} \rightarrow \Delta p = \int_0^{\pi - \theta} F \sin \left(\varphi + \frac{\theta}{2} \right) \frac{d\varphi}{\dot{\varphi}}$$

$$\Delta p = \frac{2Ze^2}{4\pi\epsilon_0} \int_0^{\pi - \theta} \sin \left(\varphi + \frac{\theta}{2} \right) \frac{d\varphi}{r^2 \dot{\varphi}}$$

Atomi, elektroni i ioni

$r^2\dot{\phi}$ je konstanta gibanja za tip sile $F \sim \frac{1}{r^2}$ zbog sačuvanja

iznosa mometa količine gibanja $m_\alpha r^2\dot{\phi} = m_\alpha v_\alpha b$

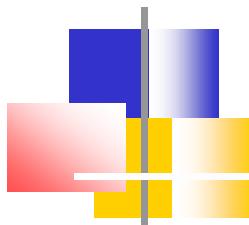
Zamjenom $r^2\dot{\phi} = v_\alpha b$ dobivamo

$$\Delta p = \frac{2Ze^2}{4\pi\varepsilon_0 v_\alpha b} \int_0^{\pi-\theta} \sin\left(\varphi + \frac{\theta}{2}\right) d\varphi = \frac{4Ze^2}{4\pi\varepsilon_0 v_\alpha b} \cos \frac{\theta}{2} \quad (2)$$

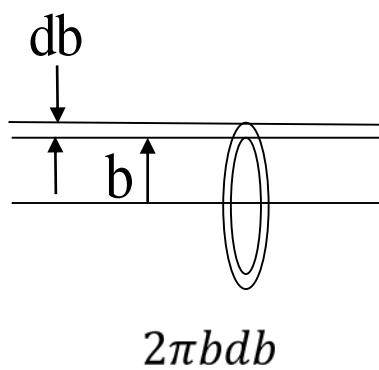
Iz (1) i (2) dobivamo

$$\boxed{ctg \frac{\theta}{2} = \frac{4\pi\varepsilon_0 m_\alpha v_\alpha^2}{2Ze^2} b} \quad (3)$$

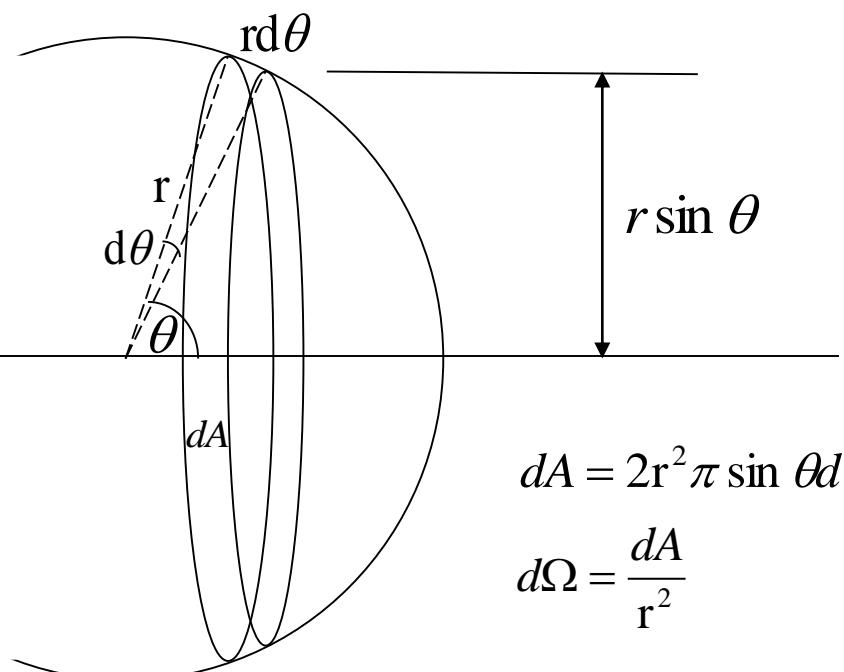
Vidimo da kako b raste θ pada.



Promjena parametra sudara b za db uzrokovat će promjenu smjera raspršenja za $d\theta$



diferencijalni udarni presjek
(za jedan atom zlata)



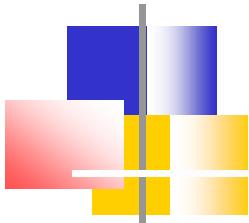
$$dA = 2r^2 \pi \sin \theta d\theta$$

$$d\Omega = \frac{dA}{r^2}$$

$$d\Omega = 2\pi \sin \theta d\theta$$

prostorni kut

Atomi, elektroni i ioni



Iz (3) slijedi $-\frac{1}{\sin^2 \frac{\theta}{2}} \frac{d\theta}{2} = \frac{4\pi \epsilon_0 m_\alpha v_\alpha^2}{2Ze^2} db$ (4)

Označimo li:

n – broj atoma zlata u jedinici volumena

a – debljina listića zlata

S – presjek snopa

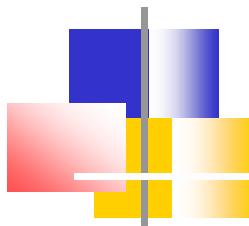
nSa – broj centara raspršenja α – čestica

relativan broj α -čestica koje se rasprše je

$$\frac{dN_\theta}{N} = \frac{nSa2\pi bdb}{S} = na2\pi bdb \quad (5)$$

dN_θ – broj α -čestica koje se rasprše između θ i $\theta + d\theta$ u jedinici vremena

N – ukupan broj α -čestica koje se rasprše



Uvrštavanjem (3) i (4) u (5) dobije se

$$\frac{dN_\theta}{N} = na \left(\frac{2Ze^2}{4\pi\varepsilon_0 m_\alpha v_\alpha^2} \right)^2 \frac{2\pi \operatorname{ctg} \frac{\theta}{2} \frac{d\theta}{2}}{\sin^2 \frac{\theta}{2}}$$

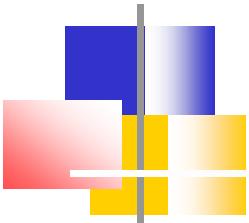
Uz

$$\frac{\operatorname{ctg} \frac{\theta}{2}}{\sin^2 \frac{\theta}{2}} = \frac{\cos \frac{\theta}{2} \sin \frac{\theta}{2}}{\sin^4 \frac{\theta}{2}} = \frac{\sin \theta}{2 \sin^4 \frac{\theta}{2}}$$

dobivamo

$$\boxed{\frac{dN_\theta}{N} = na \frac{Z^2 e^4}{(4\pi\varepsilon_0)^2 m_\alpha^2 v_\alpha^4} \frac{d\Omega}{\sin^4 \frac{\theta}{2}}}$$

Rutherfordova formula



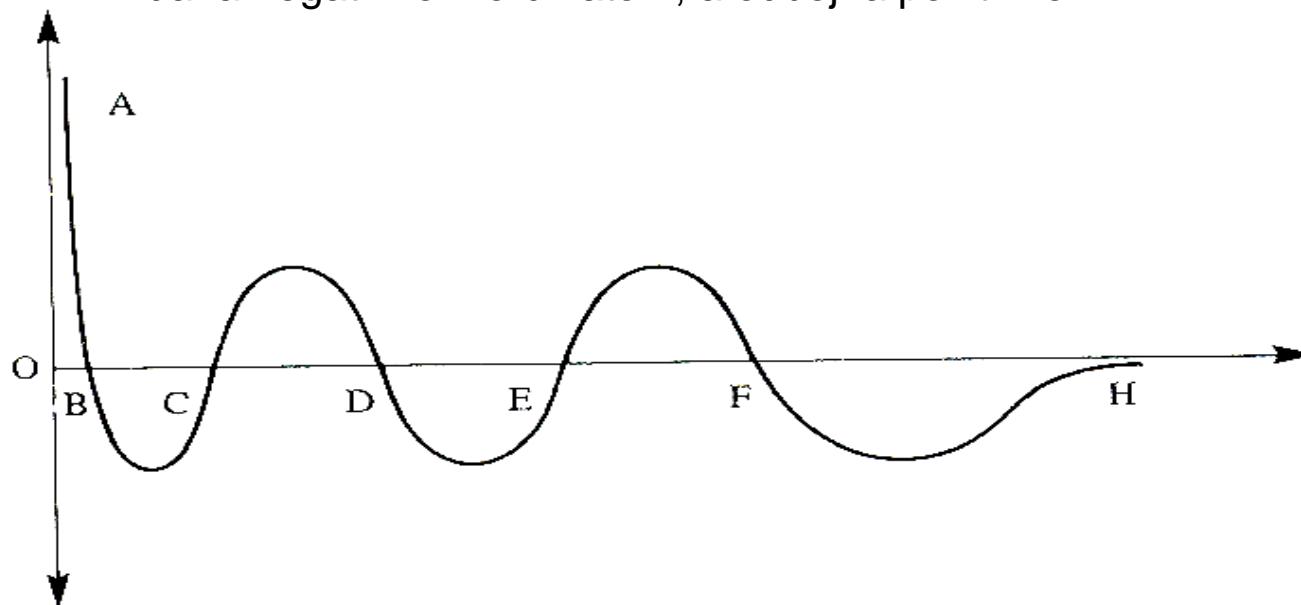
Problemi s Rutherfordovim modelom

Rutherfordov model bio je uspješan u objašnjenju eksperimenta raspršenja α -čestica na listiću zlata. Međutim,

- Atomi emitiraju određene diskrete karakteristične frekvencije elektromagnetskog zračenja
 - Rutherfordov model nije ovo mogao objasniti
- Rutherfordovi elektroni imaju centripetalnu akceleraciju i morali bi zračiti elektromagnetske valove pripadne frekvencije
 - Ovo znači da bi elektroni gubili energiju
 - Radijus bi stoga jednoliko padaо
 - Elektron bi u konačnici pao na jezgru za $10^{-12} s$
 - Ovo se ne događa

Boškovićeva teorija i njen utjecaj na razvoj nauke o strukturi materije

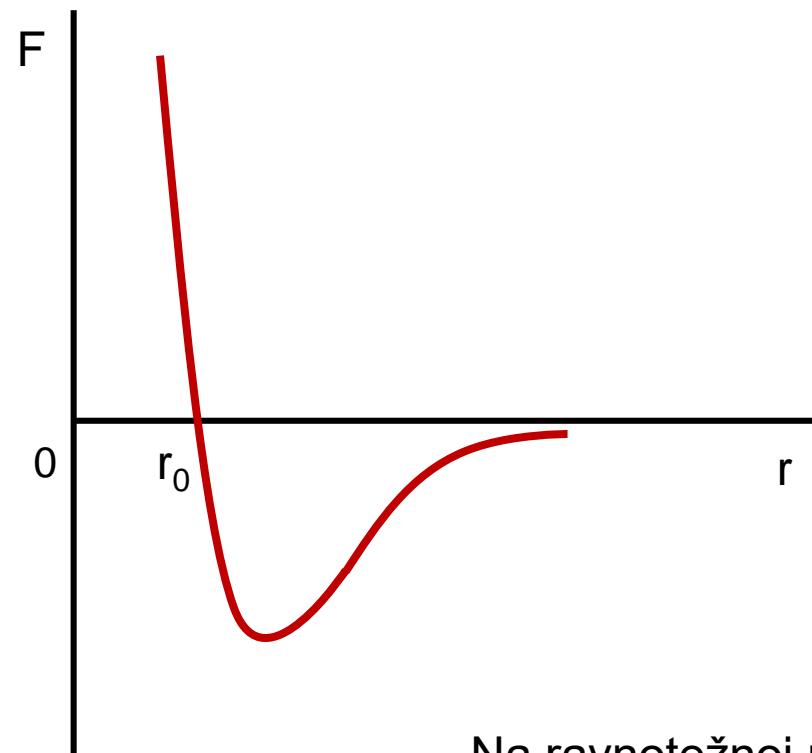
Ruđeru Boškoviću (18. st.) su temeljni elementi tvari nedjeljive i neprotežne točke. Udaljenošću točaka određena je sila koju je prikazao krivuljom. Udaljenost točaka predočena je apscisom, a sila ordinatom u koordinatnom sustavu. Privlačna sila je dana negativnom ordinatom, a odbojna pozitivnom.



Slika 8.15.
Boškovićeva krivulja sile, prema njegovoj teoriji prirodne filozofije

Ž.Dadić: Povijest ideja i metoda u matematici i fizici, ŠK, Zagreb, 1992.

Eksperimentalno utvrđena sila između dva atoma ili dvije molekule



Na ravnotežnoj udaljenosti $r=r_0$ je $F=0$.

Odbojna sila: $F>0$, $r<r_0$

Privlačna sila: $F<0$, $r>r_0$



Dodatni materijali

<https://phet.colorado.edu/en/simulation/rutherford-scattering>

<https://phet.colorado.edu/en/simulation/atomic-interactions>