

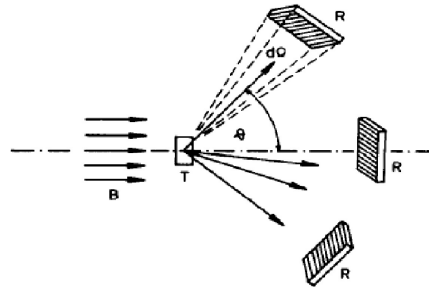
Cvičenie 1.

Príklad 1.1 Elektrónu sme udelili hybnosť

- a) 50 eV/c
- b) 0.5 MeV/c
- c) 500 MeV/c.

Vypočítajte príslušnú kinetickú energiu elektrónu.

Príklad 1.2



V rozptylovom experimente poznáme: hustotu prúdu dopadajúcich častíc j za jednotku času, počet častíc v terčiku N , počet častíc zaregistrovaných určitým detektorom za jednotku času dn a priestorový uhol pokrytý týmto detektorom $d\Omega$. Vysvetlite, čo označujú symboly $\frac{d\sigma}{d\Omega}$, σ a n v nasledovných vzťahoch

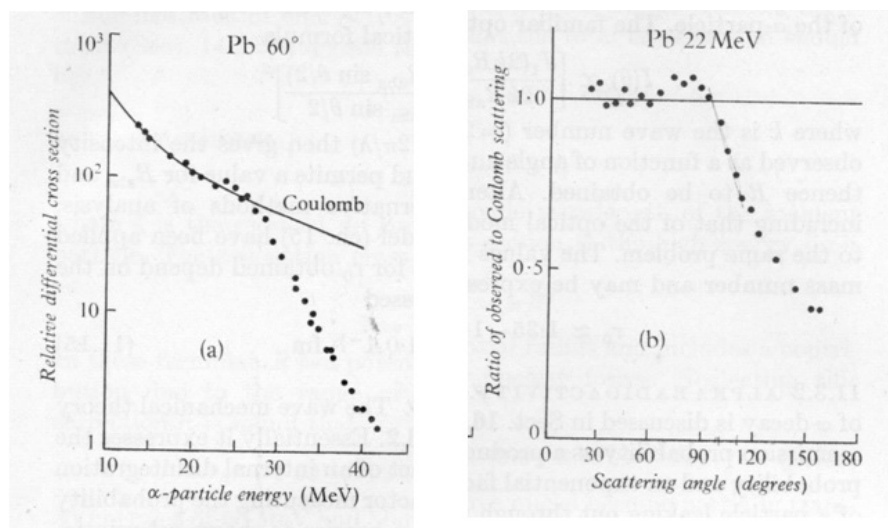
$$\begin{aligned} dn &= jN \frac{d\sigma}{d\Omega} d\Omega \\ n &= jN\sigma \end{aligned} \quad (1)$$

Príklad 1.3 Zdrojom alfa-častíc použitým v Rutherfordovom experimente bolo obohatené rádio umiestnené v tenkostennej sklenenej trubici s polomerom 1-mm. Sila zdroja bola 0.1 Curie, čo predstavuje 3.7 miliárd jadrových rozpadov za sekundu. Alfa častice boli namierené priamo na tenký terč zlata (Pre náš príklad uvažujme počet atómov v terči $N = 10^{18}$ a že častice alfa boli urýchlené na energiu $E_\alpha = 20 \text{ MeV}$).

- a) Aká je maximálna zámerná vzdialenosť alfa častice od jadra, aby sa rozptýlila o uhol väčší ako 1° .
- b) Uvažujme uhlové rozlíšenie detektora 1° . Koľko častíc pôvodného zväzku pozorujeme v detektore pre $\theta = 0$ (t.j. v intervale $\theta \in (0, 1^\circ)$).
- c) Pre akú zámernú vzdialenosť alfa častice od jadra už určite nemožno použiť Rutherfordovu formulu? Nájdite rozptylový uhol k danej zámernej vzdialenosti.
- d) Vysvetlite, prečo pre Rutherfordov rozptyl diferenciálny účinný prierez $\frac{d\sigma}{d\Omega} \propto 1/\sin^4(\theta/2)$ diverguje pre $\theta \rightarrow 0$. Spôsobuje nám to v realite problémy? Bez počítania určite, koľko je účinný prierez σ pre Rutherfordov rozptyl.

Príklad 1.4 Ukážte, že pri Rutherfordovom experimente sa alfa častice dostanú najbližšie k jadru do vzdialenosti

$$d = \frac{b \cos(\theta/2)}{1 - \sin(\theta/2)}. \quad (2)$$



Obr. 1: Závislosť diferenciálneho účinného prierezu pre Rutherfordov experiment na energii alfa častice (obrázok (a)) a uhle rozptylu (obrázok (b)). Ako terč bolo použité olovo $^{208}_{82}\text{Pb}$

Príklad 1.5 Z Rutherfordovho experimentu sme obdržali závislosť diferenciálneho účinného prierezu na energii a uhle rozptylu alfa častice - vid'. obr. 1 a 2. Určite z obrázkov polomer jadra ^{208}Pb .

Príklad 1.6 Z rozptylu elektrónov na jadrách bolo zistené, že rozloženie hustoty náboja v jadre má tvar

$$\rho(r) = \frac{\rho_0}{1 + e^{(r-R)/\delta}} \quad (3)$$

kde $R = r_0 A^{1/3}$, pričom $r_0 = 1.2 \text{ fm}$ a $\delta = 0.5 \text{ fm}$.

- Ukážte, že inflexný bod rozdelenia je rovný R .
- Ukážte, že hrúbka povrchu jadra, t.j. vzdialenosť, pre ktorú poklesne hustota jadra z $0,9\rho_0$ na $0,1\rho_0$ je rovná $t \approx 4.4\delta$.
- Dostávame konzistentné výsledky pre polomer jadra olova ^{208}Pb v porovnaní s Rutherfordovým experimentom?

Príklad 1.7 Akú hustotu majú jadrá? Koľko nukleónov na fm^3 sa nachádza v jadrách?

Príklady na precvičenie

- Do akej minimálnej vzdialenosti sa priblíži alfa častica o energii 7,7 MeV k jadru zlata? (30 fm)
- Alfa častica o kinetickej energii 2 MeV nalieta na jadro olova, ktoré je v klude, so zámernou vzdialenosťou 90 fm. Vypočítajte zmenu hybnosti alfa častice. ($92.5 \text{ MeV}/c$)
- Ukážte, že do uhlu medzi 60° a 90° sa fóliou rozptýli dvakrát toľko častíc ako o uhol 90° a viac.
- Alfa častica s kinetickou energiou $T = 0,5 \text{ MeV}$ sa rozptýlila pod uhlom $\theta=90^\circ$ v coulombovskom poli jadra atómu ortuti. Určte minimálnu vzdialenosť, na ktorú sa častica priblížila k jadru. (563.9 fm)
- Rovnica (1) platí za predpokladu, že 1 častica z dopadajúcich častíc interaguje práve s jednou časticou v terčíku. Ukážte, že pre Rutherfordov rozptyl je táto podmienka ekvivalentná tvrdeniu $b \ll \sqrt{\frac{1}{\pi n}}$. Kde n je hustota jadier v terčíku na plochu. Vypočítajte $\sqrt{\frac{1}{\pi n}}$ pre terč zlata s hrúbkou $x = 0,3 \mu\text{m}$.

Riešenie: Plocha terča A musí byť väčšia ako $N\sigma$. $\sqrt{\frac{1}{\pi n}} = 1329 \text{ fm}$.