

University of South Bohemia

Faculty of Science



Praktika IV

Comptnův rozptyl

Datum: 10.2.2024
Jmeno: Martin Skok
Obor: Fyzika
Hodnoceni:

1 Úkoly

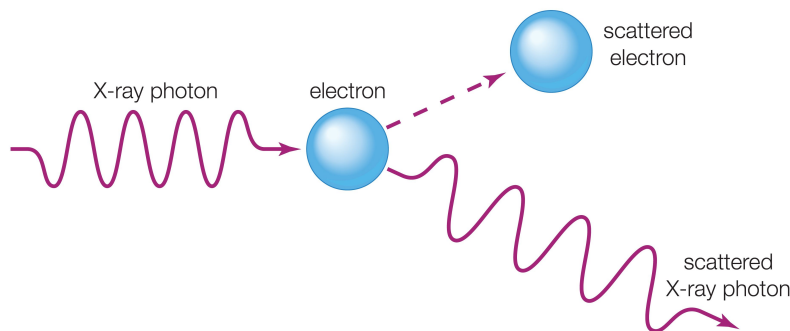
- Ukažte, jak se mění energie gama záření v závislosti na úhlu rozptylu
- Vykreslete graf převrácených hodnot energie jako funkci $(1 - \cos\theta)$
- Určete původní energii gamma záření a klidovou hmotnost elektronu

2 Pomůcky

Zdroj gamma záření LABKIT-SR-Cs137, detektor Osprey, program ProSpect, Radiagem 2000, podložka s úhloměrem, ocelový kůl

3 Teorie

Comptův rozptyl nastává, když dopadající foton má mnohem větší energii než elektron v atomu. Když se pak tento foton srazí s elektronem jádra, může ho z jádra vyrazit a z elektronu se stane volný elektron.



Protože je mnohem jednodušší detekovat foton než elektron, parametry elektronu vyvodíme z vlastností rozptýleného fotonu.

$$p_1 = p_2 + p_e$$

Na vztah pro Comptův rozptyl můžeme přijít ze zákona zachování energie, kde p_1 je hybnost fotonu před srážkou, p_2 je hybnost fotonu po srážce a p_e je hybnost elektronu.

Nesmíme zapomenout, že hybnosti jsou vektory. Dále v textu už notaci vektorů nepoužívám.

$$\begin{aligned}(\vec{p}_1 - \vec{p}_2)^2 &= \vec{p}_1^2 \vec{p}_2^2 - 2\vec{p}_1 \vec{p}_2 \\(\vec{p}_1 - \vec{p}_2)^2 &= p_1^2 p_2^2 - 2p_1 p_2 \cos(\theta)\end{aligned}$$

Potom bude úhel θ úhel rozptylu fotonem před srážkou a po srážce.

Pokud elektron bude před srážkou v klidu, bude mít energii $E_0 = mc^2$, po srážce

bude mít energii $\sqrt{E_0 + p_e^2 c^2}$.

$$\begin{aligned}
 p_1 c + E_0 &= p_2 c + \sqrt{E_0^2 + p_e^2 c^2} \\
 &\vdots \\
 \lambda_1 - \lambda_2 &= \frac{h}{m_0 c} (1 - \cos \theta)
 \end{aligned} \tag{1}$$

λ_1 je vlnová délka nalétávajícího fotonu a λ_2 fotonu po srážce.
Vydělením předchozí rovnice h dostaneme vztah

$$\begin{aligned}
 \frac{1}{h} (\lambda_1 - \lambda_2) &= \frac{1}{m_0 c} (1 - \cos \theta) \\
 \frac{1}{p_1} - \frac{1}{p_2} &= \frac{1}{m_0 c} (1 - \cos \theta)
 \end{aligned}$$

Vydělím celou rovnici c

$$\frac{1}{E_1} - \frac{1}{E_2} = \frac{1}{m_0 c^2} (1 - \cos \theta) \tag{2}$$

4 Postup měření

Na stole byl detektor a zdroj záření umístěny proti sobě pod úhlem 180° .

Detektor byl zapnut a data byla odesílána do počítače.

Snímal jsem 10 sekund a uložil data.

Posunul jsem detektor o 10° a opakoval jsem proces.

Detektor jsem celkově posouval pro úhly od $0^\circ - 70^\circ$.

5 Data

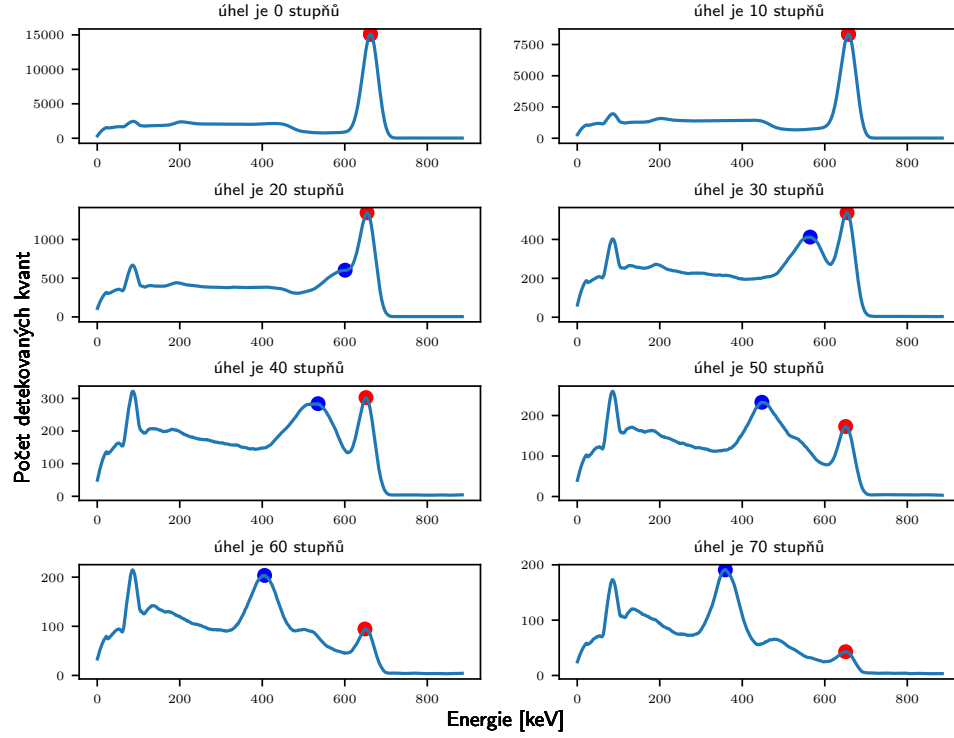


Figure 1: Závislost počtu detekovaných gamma kvant na energii

Jednotlivé peaky v grafu značí energii $E_2(\lambda_2)$ (ten modrý) a $E_1(\lambda_1)$ (ten červený).

Tabulka 1:

úhel	$E_2[KeV]$	$E_1[KeV]$	$1 - \cos(\theta)$
0	662.245	662.245	0.0
10	657.493	657.493	0.015
20	600.902	654.037	0.06
30	564.614	654.037	0.134
40	535.239	651.445	0.234
50	447.544	650.581	0.357
60	405.641	648.853	0.5
70	358.986	650.581	0.658

E_1 je konstantní. Když jsem hodnoty zprůměroval, vyšlo mi $\overline{E_1} = 653.659 \pm 4.118$, což však není přesná hodnota.

Rovnici 2 můžeme upravit na tvar

$$-\frac{1}{E_2} = \frac{1}{m_0 c^2} (1 - \cos \theta) - \frac{1}{E_1}$$

$$\frac{1}{E_2} = -\frac{1}{m_0 c^2} (1 - \cos \theta) + \frac{1}{E_1}$$

Což je vlastně lineární rovnice o tvaru $u(x) = -ax + b$

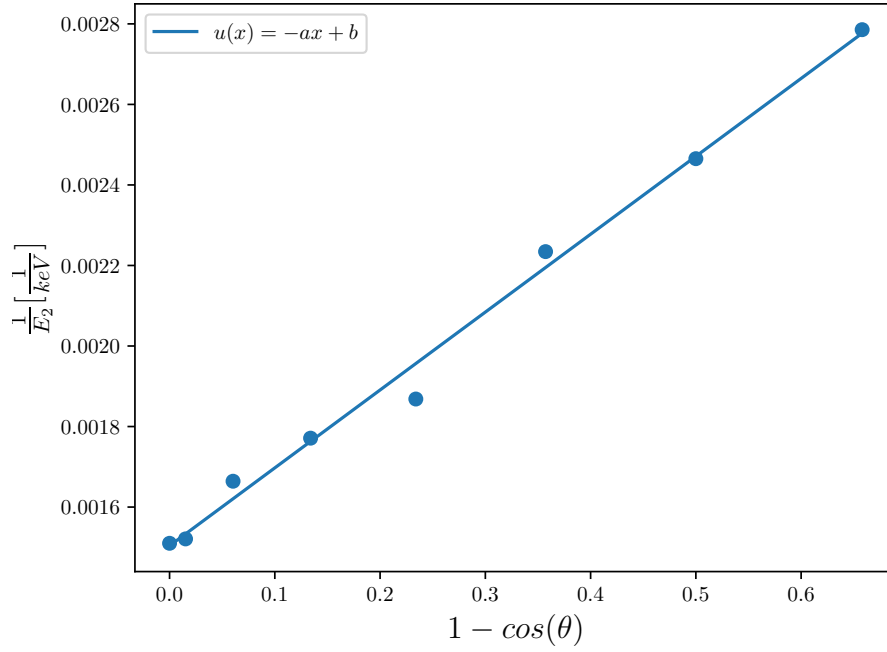


Figure 2: Závislost převrácené hodnoty energie na na funkci $(1 - \cos \theta)$

Kde $a = 0.00193438$ a $b = 0.00150388$

$$a = \frac{1}{m_0 c^2}$$

$$m_0 = \frac{1}{a c^2} = 516.961 \frac{\text{KeV}}{c^2} = 9.215 \cdot 10^{-31} \text{Kg}$$

$$b = \frac{1}{E_1}$$

$$E_1 = \frac{1}{b} = 664.943 \text{KeV}$$

6 Diskuse

Jak je vidět z grafů a tabulek, energie gamma (E_2) klesá v závislosti na úhlu rozptylu. Vykreslil jsem graf $\frac{1}{E_2}(1 - \cos\theta)$, ze kterého jsem potom určil původní energii gamma a klidovou hmotnost elektronu. Naměřené hodnoty s však od tabulkových hodnot liší. Chyba mohla být vytvořena nepřesným umístěním detektoru pod správný úhel.

7 Závěr a naměřené hodnoty

$$m_0 = 9.215 \cdot 10^{-31} [Kg]$$

$$E_1 = 664.943 [KeV]$$

8 Zdroje

[https://phys.libretexts.org/Bookshelves/Modern_Physics/Book%3A_Spiral_Modern_Physics_\(D'Alessandris\)/4%3A_The_Photon/4.2%3A_Compton_Scattering](https://phys.libretexts.org/Bookshelves/Modern_Physics/Book%3A_Spiral_Modern_Physics_(D'Alessandris)/4%3A_The_Photon/4.2%3A_Compton_Scattering)

<https://courses.physics.ucsd.edu/2017/Spring/physics4e/compton.pdf>