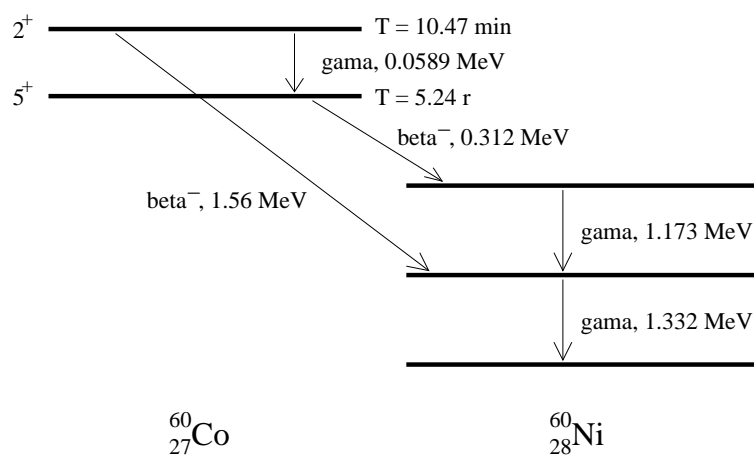


Absorpce γ záření

1. Zdroj záření

Záření γ je emitováno při přechodech atomového jádra mezi různými energetickými hladinami jádra. Spektrum γ záření je proto čarové a jeho energie většinou leží v oblasti 0,05 – 3 MeV.

V této úloze je ke kalibraci energetické stupnice spektrometru použit zářič ^{137}Cs , který je zdrojem záření s energií 0,6617 MeV, a k vlastnímu měření zářič ^{60}Co emitující fotony s energiemi 1,1725 a 1,3325 MeV. Rozpadové schéma jádra $^{60}_{27}\text{Co}$ je na obr. 1. Protože doba života γ -zářičů bývá krátká, je použit ^{60}Co , který je β^- zářičem s poločasem rozpadu 5,24 let. Produktem rozpadu tohoto izotopu kobaltu je $^{60}_{28}\text{Ni}$ s excitovaným jádrem, které je schopné přejít do nižších energetických stavů emisí γ záření.



Obrázek 1: Rozpadové schéma $^{60}_{27}\text{Co}$.

2. Absorpce v látkách

Záření gama je velmi pronikavé. Při průchodu záření gama hmotou dochází vlivem různých jevů k absorpci záření. Je-li I_0 hustota proudu částic gama, pak po průchodu látkou o tloušťce d dojde ke zeslabení

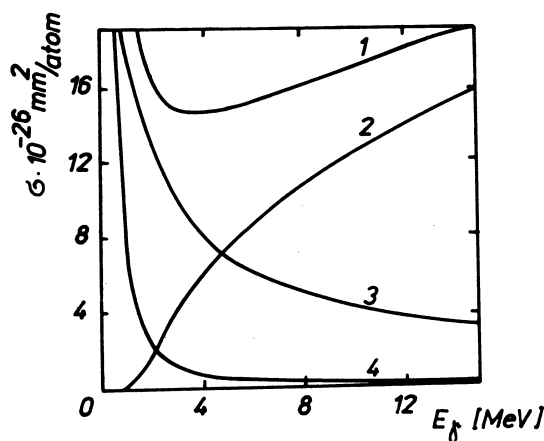
$$I = I_0 \exp(-\mu d),$$

kde μ je lineární součinitel zeslabení. Tento součinitel závisí na složení absorbujícího materiálu i na druhu absorbovaného záření. U gama záření lze pro μ psát

$$\mu = \mu_f + \mu_C + \mu_p,$$

kde μ_f je lineární součinitel zeslabení pro fotoefekt, μ_C pro Comptonův jev a μ_p pro tvorbu elektron – pozitronových párů. Na obr. 2 je vynesena závislost jednotlivých účinných průřezů pro průchod gama záření olovem.

Lineární součinitel zeslabení μ je funkcí energie záření γ . Dále je definován tzv. hmotnostní součinitel zeslabení μ_m pro nějž platí $\mu_m = \mu/\rho$, kde ρ je hustota absorbující látky.



Obrázek 2: Účinný průřez gama záření při průchodu olovem. 1 - celkový účinný průřez, 2 - účinný průřez pro tvorbu párů, 3 - účinný průřez pro Comptonův jev, 4 - účinný průřez pro fotoefekt.

V Tab.1 jsou uvedeny hmotnostní součinitele zeslabení pro nejčastěji užívané stínící materiály v závislosti na energii γ záření. Podrobný popis veličin popisujících radioaktivní záření a jeho absorpci v látkách je možné najít ve skriptech Tesař, Trunec, Ondráček: Fyzikální praktikum III.

Hustota hliníku: $\rho_{Al} = 2700 \text{ kg m}^{-3}$, hustota olova: $\rho_{Pb} = 11340 \text{ kg m}^{-3}$, hustota vzduchu: $\rho_{vzd.} \doteq 1.293 \text{ kg m}^{-3}$, hustota plexiskla: $\rho_{plx} = 1180 \text{ kg m}^{-3}$.

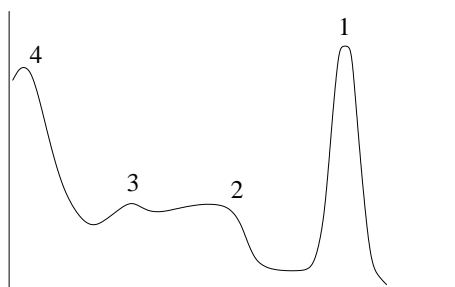
Hmotnostní součinitele zeslabení μ_m ($\text{m}^2 \text{ kg}^{-1}$)			
energie γ	$10^3 \cdot \mu_m$		
(MeV)	Al	Pb	vzduch
0.1	16.9	546	15.5
0.2	12.2	94.2	12.3
0.4	9.27	22.0	9.53
0.6	7.79	11.9	8.04
0.8	6.83	8.66	7.06
1.0	6.14	7.03	6.35
1.5	5.00	5.50	5.15
2.0	4.31	4.63	4.45
3.0	3.60	4.10	3.60
4.0	3.10	4.21	3.07

Tabulka 1: Hmotnostní součinitele zeslabení μ_m pro Al, Pb a vzduch pro různé energie záření γ .

3. Detektor

Pro spektroskopii gama záření použijeme scintilační detektor. Jestliže gama foton ztratí celou svoji energii v krystalu scintilátoru, pak velikost výsledného napěťového pulsu na výstupu fotonásobiče je úměrná energii absorbovaného gama fotonu, což umožňuje rozlišovat energii jednotlivých fotonů. Na obrazovce počítače jsou pak vynášeny četnosti velikostí jednotlivých pulsů – energiové spektrum gama fotonů.

Spektrum měřené reálným detektorem může být ale komplikovanější, jak ukazuje obr. 3. Záření s energií větší než 100 keV interaguje s elektrony detektoru převážně Comptonovým rozptylem. Při tomto rozptylu předá foton elektronu energii E_c , která se může podle úhlu rozptylu měnit od nuly až po maximální hodnotu $E_{c,max}$, a zbylou energii si odnáší sám. Je-li detektor dostatečně velký, je rozptýlený foton v detektoru pohlcen a energie dopadlého γ -záření je vyhodnocena správně. Jestliže je detektor malý, může rozptýlený foton odnést část energie mimo aktivní oblast detektoru a zařízení zaznamená pouze impuls s energií Comptonova elektronu. Na měřeném spektru se tak objeví kontinuum končící u energie $E_{c,max}$. Může se stát, že rozptýlený foton se odrazí od stěny krytu zpět, je detekován jako nízkoenergetický foton a ve spektru vytváří tzv. pík zpětného odrazu. Kromě toho mívají reálné detektory v oblasti nízkých energií velký šum. Do nízkoenergievé části spektra dále přispívá přirozená radioaktivita (kosmické záření, zemská radioaktivita) a u některých zářičů (předchází-li γ -rozpadu K-záchyt) také čára charakteristického rentgenového záření.



Obrázek 3: **Spektrum měřené reálným detektorem.** 1 - pík gama záření, 2 - hrana Comptonova kontinua, 3 - pík zpětného odrazu, 4 - šum detektoru a přirozená radioaktivita.

4. Úkol

Změřte koeficient absorpce γ záření ve třech různých látkách (k dispozici jsou např. hliník, olovo, měď, plexisklo).

5. Postup práce

1. V adresáři *cassy* spusťte program *mca* (anglická verze) nebo *vka* (německá verze).
2. Zvolte dobu měření, nastavte „resolution 9 bit“ a „attenuator on“.

3. Naměřte energiové spektrum zářiče ^{137}Cs a ocejchujte stupnici energií. Pomocí klávesy F6 znovu zobrazíte naměřený graf, F9 zobrazí kurzor, najed'te s kurzorem do maxima píku a po stisku klávesy Enter zdejte hodnotu energie γ záření nuklidu ^{137}Cs (662 keV).
4. Naměřte energiové spektrum γ záření nuklidu $^{60}_{27}\text{Co}$. Dále naměřte koeficienty absorpce γ záření třech různých materiálů pro oba píky záření ^{60}Co . (Mezi radionuklid a detektor postupně vkládejte desky ze zvoleného materiálu a naměřte počet detekovaných pulzů γ záření jednotlivých fotopíků. Tloušťku desek měřte jednotlivě posuvným měřidlem.) Získané hodnoty porovnejte s tabelovanými.

Intenzitu záření pro jednotlivé energie určete integrací plochy pod příslušným píkem. Nejdříve pomocí kurzoru vyznačíte okraje integračního intervalu (stiskem kláves Ctrl ← a Ctrl →), stiskem F5 provedete integraci a Alt F5 zobrazí hodnotu integrálu.

Díky přirozené radioaktivitě a rozptýleným γ fotonům ze zářiče mají integrované píky velké pozadí. Velikost pozadí je možné z grafu odečíst pomocí kurzoru a klávesy +, po jejímž stisku se vypíše aktuální souřadnice kurzoru.