

Měření úhlového rozdělení v gama-gama koincidencích

Úkol

- 1) Naměřte úhlovou závislost dvou gama kvant v kaskádě emitovaných radionuklidem ^{60}Ni a srovnajte s teorií.
- 2) Určete anizotropii záření gama ^{60}Ni .
- 3) Do grafu korelační funkce zakreslete experimentální body s příslušnými chybami.

Úvod

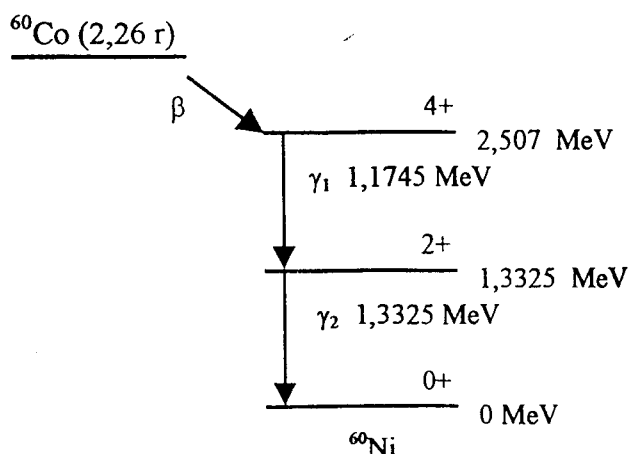
Současné fyzikální děje je možno ověřit tzv. koincidenční metodou. Současnost naměřeného děje je vždy zatížena jistou chybou danou časovou fluktuací vytváření signálu v detektorech, vlastnostmi diskriminátorů upravující elektrický signál a časovou rozlišovací schopností koincidenčního obvodu. Celkové časové rozlišení současných dvou a více dějů je hlavně dáno rychlostí vytváření signálu v detektorech a pohybuje se při současné technice v mezích 10^{-6} - 10^{-12} s.

Vedle vlastních koincidencí vznikají i náhodné koincidence, které je nutno od naměřených hodnot odečíst. Počet náhodných koincidencí N_n je pro n detektorů s četností N_i a rozlišovací dobou koincidenčního zařízení τ dán

$$N_i = 2^{i-1} \cdot N_1 \cdot N_2 \dots N_i \cdot \tau^{i-1} \quad (1)$$

Charakteristiky radioaktivních jader (např. spin), které emitují více částic či kvant gama se dají určovat z měření úhlových korelací výletu tj. závislost směru výletu jedné částice (kvanta) od směru výletu druhé.

Typickým představitelem je radionuklid ^{60}Ni vznikající β rozpadem ^{60}Co jehož rozpadové schéma je na obrázku



Z teorie se dá odvodit korelační funkce, která má pro ^{60}Ni tvar:

$$W(\vartheta) = a_0 + a_2 \cos^2 \vartheta + a_4 \cos^4 \vartheta \quad (2)$$

kde $a_0 = 1$, $a_2 = 1/8$, $a_4 = 1/24$.

Význam této funkce je takový, že $dW(\vartheta)/d\Omega$ je pravděpodobnost výletu jednoho kvanta v elementu prostorového úhlu $d\Omega$ pod úhlem ϑ ke směru výletu druhého kvanta.

S úhlovou korelací souvisí anizotropie vyzařování A, která je definována takto:

$$A = \frac{W(180^\circ) - W(90^\circ)}{W(90^\circ)} \quad (3)$$

Experimentální uspořádání

Úhlové závislosti výletu gama kvant z radioaktivního zdroje měříme pomocí dvou scintilačních detektorů se scintilátory NaJ(Tl) umístěných na stole s úhlovou stupnicí. Jeden z detektorů je pevně uchycen a druhý je spojen s otočným ramenem, na jehož ose otáčení se nachází měřený radioaktivní zdroj. Osy detektorů se vždy protínají ve středu zdroje.

Impulsy z obou detektorů se po zesílení a diskriminaci vedou na koincidenční obvod k získání časové informace a dále na další dvojici diskriminátorů nastavených na požadovaný energetický rozsah měřeného gama záření. Získaná časová a energetická informace se zpracovává v další koincidenční a odtud se vede do čítače impulsů.

Postup měření

Měření provádíme v rozsahu úhlů 90° - 180° v krocích po 15° v časovém intervalu 200 s. Protože anizotropie záření gama ^{60}Ni je asi 17% a vzhledem k časové nestabilitě celé aparatury, je nutno toto měření několikrát opakovat, až se dosáhne hodnoty počtu impulsů po sečtení pro jednotlivé úhly takové velikosti, jehož statistická chyba činí kolem 1%.

Všechny hodnoty parametrů aparatury pro měření jsou nastaveny optimálně. Rozsah měřených energií je omezen vzhledem k rozptylu gama záření. Je to z důvodu odstranění chybných koincidencí. Pro zjištění počtu náhodných koincidencí je nepraktické použití vztahu (1). Vhodnější je metoda zpoždění signálu v jednom měřeném kanálu. To uskutečníme tak, že zapojíme do výstupu z některého detektoru zpožďovací linku a nastavíme hodnotu zpoždění mnohem větší, než je časové rozlišení koincidenčního obvodu. Měření se zpožďovací linkou provedeme z praktických důvodů najednou, zpravidla uprostřed měření, v takovém časovém intervalu, abychom měli statistickou chybu měření opět kolem 1%.

Zpracování

Do grafu podle vztahu (2), vložte experimentální body (po odečtení náhodných koincidence) s příslušnými chybami. Určete hodnotu anizotropie. Vysvětlete, proč je nutno měřit jen v omezeném intervalu energií dopadajícího záření.

Aparatura a pomůcky

- 1) Měřicí stůl se dvěma detektory se scintilátory NaJ(Tl) o průměru 40mm a délce 40mm.
- 2) Radioizotop ^{60}Co .
- 3) Koincidenční aparatura
- 4) Čítač impulsů

Literatura

- 1) Úlehla, Suk, Trka: Atomy, jádra, částice, Academia Praha 1990.
- 2) W.R.Leo: Techniques for Nuclear and Particle Physics Experimental, Springer Verlag, Berlin Heidelberg 1987.