

A7 Měření úhlového rozdělení fotonů z anihilace elektron-pozitronového páru

Vít Vorobel
říjen 2000

Úkol

- 1) Ověřte měřením, že směry výletu anihilačních fotonů vznikají po β^+ rozpadu jader ^{22}Na svírají úhel 180° .
- 2) Určete pološířku úhlového rozdělení.
- 3) Vysvětlete tvar naměřeného rozdělení.

Úvod

Pozitron je antičástice elektronu. V pozorované přírodě se běžně nevyskytuje, protože velice ochotně anihiluje s elektronem, který je jedním ze základních kamenů hmoty kolem nás. Při anihilaci obě tyto částice zaniknou za vzniku anihilačních fotonů. Pozitrony jsou emitovány při rozpadu některých radioizotopů, např. ^{22}Na . Tyto pozitrony nejprve ztrácejí svou kinetickou energii velkým množstvím srážek s elektrony a nakonec, když je jejich kinetická energie prakticky nulová, anihilují. Od rozpadu jádra do anihilace elektron-pozitronového páru uplyne řádově 10^{-7} - 10^{-10} s. Při anihilaci vznikají v převážné většině případů dva anihilační fotony. Podle zákona zachování energie součet energií anihilačních fotonů je roven součtu klidových energií pozitronu a elektronu (antičástice mají stejnou hmotnost). Ze zákona zachování hybnosti plyne, že anihilační fotony mají stejně velké, opačně orientované hybnosti. Při anihilaci tedy dochází k současnému vyzáření dvou fotonů s energiemi 511 keV se směry výletu svírajícími 180° .

Současné fyzikální děje je možno studovat tzv. koincidenčním měřením. Základem je elektronický, tzv. koincidenční blok, na jehož výstupu se objeví impuls pouze tehdy, když na jeho vstupy jsou přivedeny impulsy, které se časově překrývají. Současnost naměřených dějů je vždy zatížena jistou chybou danou časovou fluktuací vytváření signálu v detektorech a vlastní časovou rozlišovací chybou koincidenčního zařízení. Celkové časové rozlišení současných dvou a více dějů je dáno hlavně rychlostí vytváření signálu v detektorech a pohybuje se při současné technice v mezích 10^{-6} - 10^{-12} s.

Počet náhodných koincidencí N_a je pro n detektorů s četností N_i a rozlišovací dobou koincidenčního zařízení τ dán

$$N_a = 2^{n-1} N_1 N_2 \dots N_n \tau^{n-1}$$

Experimentální uspořádání

Úhlové uspořádání 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 a odtud na čítač impulsů. Četnosti z jednotlivých detektorů jsou registrovány dalšími dvěma čítači.

Postup měření

Pomocí jednokanálových amplitudových analyzátorů si energeticky okalibrujeme každý spektrometr. Jako zdroje záření můžeme používat radioizotopu ^{22}Na . Poté nastavíme diskriminační úroveň diskriminátoru asi na 5 - 10% hodnoty energie gama, které budeme měřit. Vhodný rozsah měření si hrubě nastavíme zesílením zesilovače a jemně dostavíme změnou napětí na fotonásobiči. **Napětí na fotonásobiči nepřekračujeme přes 1200 V !!!** Časové intervaly u měření anihilačního záření volte tak, aby statistická chyba při maximální četnosti byla $< 3\%$.

Zpracování

Z naměřených výsledků úhlového rozdělení gama kvant pocházejících z anihilace pozitronů sestavte graf, vyznačte šířku v polovině výšky (pološířku) a proveďte diskusi, na čem závisí pološířka a tvar úhlového rozdělení a jak souvisí s prostorovým úhlem, pod kterým vidí detektory zdroj záření.

Aparatura a pomůcky

- 1) Měřicí stůl se dvěma detektory se scintilátory NaJ(Tl) o rozměrech 40 x 40mm
- 2) Dva jednokanálové spektrometry
- 3) Čítač impulsů
- 4) Koincidenční obvod
- 5) Radioizotopy ^{22}Na

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