Pracovní úkol

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

Teorie

Při β^+ rozpadu některých radioizotopů, například ^{22}Na jsou emitovány pozitrony. Ty nejprve ztrácejí energii při srážkách s elektrony a nakonec při téměř nulové kinetické energii anihilují s elektrony. Doba od rozpadu jádra do anihilace elektron-pozitronového páru je řádově 10^{-7} – 10^{-10}. Při anihilaci obě částice zaniknou za vzniku anihilačních fotonů, které vznikají ve většině případů dva. Součet energií anihilačních fotonů musí být dle zákona zachování energie roven součtu klidových energií pozitronu a elektronu (ty mají stejnou hmotnost). Podle zákona zachování hybnosti dále víme, že anihilační fotony musí mít opačně orientované hybnosti stejné velikosti. Tedy při anihilaci se vyzáří dva fotony s energiemi 511keV se směry výletu svírajícími 180°.
Popsaný jev je možné studovat koincidenčním měřením. Na výstupu koincidenčního bloku se objeví impulz pouze tehdy, pokud jsou na na jeho vstupy přivedeny časově se překrývající impulzy. Celkové časové rozlišení dvou a více současných dějů je řádově 10^{-6} – 10^{-12}s.
Konkrétní experimentální uspořádání je popsané v [1].

Výsledky měření

Výsledky měření

Měřila jsem počet koincidencí na detektorech za čas t=100s v závislosti na úhlu natočení detektorů vůči sobě.
Průměr detektorů je *d = (5,5 ± 0,1) cm*, vzdálenost detektorů od zářiče je *l = (18 ± 1) cm.*
Nejprve jsem proměřila pozadí záření při úhlu natočení 90°, kdy by všechny koincidence měly být způsobeny právě jím.

$N_{Náh}$ *= (100 ± 10)*

Poté jsem započala samotné měření. Naměřila jsem závislost v rozmezí úhlů 165° – 195° při kroku 1°. Chybu určení úhlu natočení uvažuji $\sigma_{úhel}$ = ± 0,1°. Hodnoty jsou uvedeny v Tabulce I.

Tabulka I – naměřené počty koincidencí za dobu t=100s v závislosti na úhlu natočení detektorů

Úhel [°]	N	$N-N_{Náh}$	Úhel [°]	N	$N-N_{Náh}$
-15	150	50	1	4174	4074
-14	202	102	2	3868	3768
-13	358	258	3	3378	3278
-12	583	483	4	3148	3048
-11	920	820	5	2659	2559
-10	1239	1139	6	2218	2118
-9	1541	1441	7	1885	1785
-8	1946	1846	8	1487	1387
-7	2440	2340	9	1008	908
-6	2876	2776	10	796	696
-5	3313	3213	11	544	444
-4	3598	3498	12	267	167
-3	4035	3935	13	155	55
-2	4266	4166	14	107	7
-1	4386	4286	15	108	8
0	4361	4261	-	-	-

V tabulce uvádím i hodnoty opravené o náhodné koincidence způsobené pozadím. Ty jsme dále použila pro grafické zpracování.
Naměřenou závislost jsem nechala fitovat programem Gnuplot obecnou Gaussovou funkcí. Tato funkce sice nevystihuje přímo danou závislost, ale celkem dobře ji vystihuje. Grafický výstup fitu je znázorněn v Grafu I.

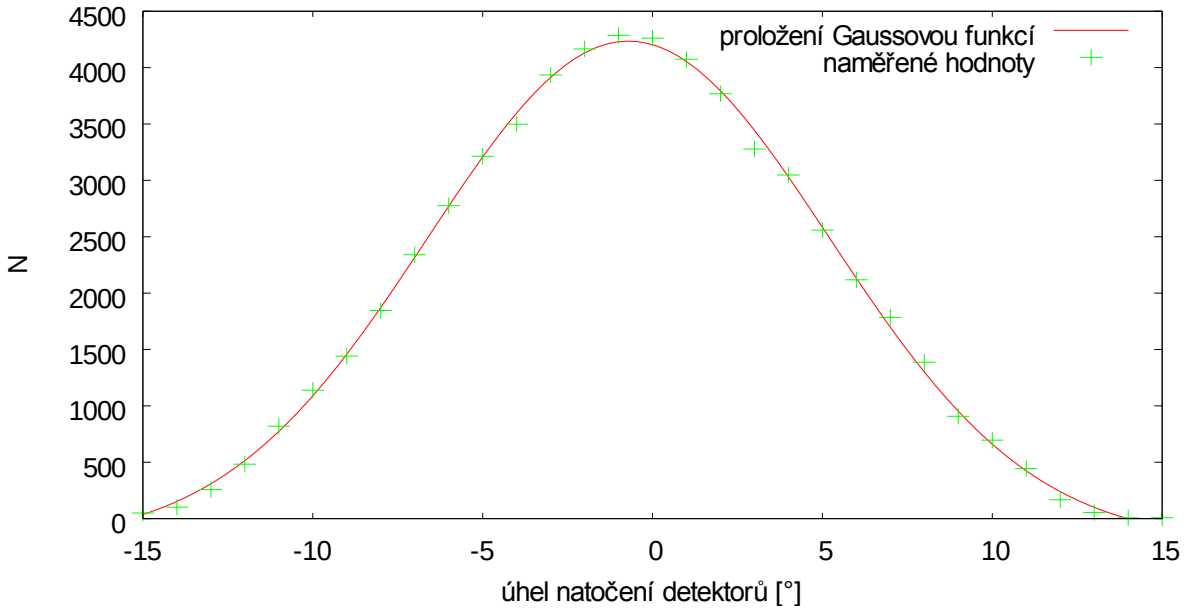
$$y = y_0 + A.\exp\left(-\frac{(x-x_0)^2}{\sigma^2}\right)$$

Hodnoty konstant z fitu jsou:

$y_0 = (-203 \pm 37)$
$A = (4438 \pm 37)$
$x_0 = (-0{,}71 \pm 0{,}03)°$
$\sigma = (5{,}92 \pm 0{,}07)°$

Ze získané hodnoty σ lze určit položířku úhlového rozdělení, tedy šířku grafu v polovině jeho výšky. ***FWHM = (13,9 ± 0,2)°***

Graf I - Počet koincidencí za dobu t=100s v závislosti na úhlu natočení detektorů



Diskuze

Měřili jsme počet dopadlých fotonů se směry výletu svírajícími 180°. Avšak detektory mají nenulový rozměr. Z naměřeného průměru detektorů a jejich vzdálenosti od zářiče jsem spočetla, že detektory nerozliší otočení o 8,7°. Jinými slovy detekují i částice, které vyletují o tento úhel výše nebo níže než je střed detektoru. Tato chyba způsobí mnohem širší peak v naměřeném rozdělení. Proložená Gaussovská křivka však velmi dobře vystihuje naměřenou závislost.
Tato chyba by se dala eliminovat použitím nástavců se štěrbinami ,které nasadíme na detektory. Takto bychom vymzili úzký profil, který budou detektory zaznamenávat. Avšak takové nástavce bohužel nebyly v praktiku k dispozici.

Závěr

Naměřili jsme úhlové rozdělení fotonů vznikajících při anihilaci elektron-pozitronového páru. Toto rozdělení je znázorněno v Grafu I. Namřenou závislost jsme fitovali obecnou Gaussovou funkcí. Získali jsme hodnotu položířky daného úhlového rozdělení.
FWHM = (13,9 ± 0,2)°

Použitá literatura

[1] http://physics.mff.cuni.cz/vyuka/zfp/ - Studijní text k úloze A7