

Oddělení fyzikálních praktik při Kabinetu výuky obecné fyziky MFF UK

PRAKTIKUM IV

Úloha č.: 7

Název: Meranie uhlového rozdelenia fonónov z anihilácie elektrón-pozitrónového páru

Vypracoval: Viktor Babjak.....stud. sk.F3 dne: 27. 11. 2006

Odevzdal dne:

Hodnocení:

Připomínky:

kapitola referátu	možný počet bodů	udělený počet bodů
Teoretická část	0 - 3	
Výsledky měření	0 - 10	
Diskuse výsledků	0 - 4	
Závěr	0 - 2	
Seznam použité literatury	0 - 1	
Celkem	max. 20	

Posuzoval:.....

dne:.....

Pracovné úlohy:

1. Overte meraním, že smery výletu anihilačných fotónov vznikajúcich po β^+ rozpade jadier ^{22}Na zvierajú uhol 180° .
2. Určíte pološíрку uhlového rozdelenia.
3. Vysvetlite tvar nameraného uhlového rozdelenia.

Teoretická časť:

Pozitrón je antičastica elektrónu (sú emitované pri rozpade niektorých rádioizotopov, napr. ^{22}Na). Pri anihilácii obe častice zaniknú za súčasného vzniku anihilačných fotónov. Tieto pozitróny najskôr strácajú svoju kinetickú energiu zrážkami s elektrónmi a potom, keď je ich kinetická energia takmer nulová, anihilujú. Pri anihilácii vznikajú v prevažnej väčšine prípadov dva anihilačné fotóny. Podľa zákona zachovania energie a hybnosti vyplýva, že anihilačné fotóny majú rovnako veľké hybnosti opačného smeru, t.j. smery výletu zvierajú 180° .

Na meranie uhlového rozdelenia anihilačných fotónov sa používa koincidenčný spôsob merania, pri ktorom koincidenčný blok zaregistruje impulz iba vtedy, keď na jeho výstupy sú privedené impulzy, ktoré sa časovo prekrývajú (t.j. v rámci istej rozlišovacej doby τ – pre detektor v praktiku platí $t = 5 \cdot 10^{-8} \text{ s}$).

Počet náhodných koincidiencií N_a pre dva detektory s početnosťami N_1 a N_2 a rozlišovacou dobou τ je daný ako, [1]

$$N_a = 2N_1N_2t. \quad (1)$$

Výsledky meraní:

Pozitróny boli vytvárané rádioizotopom ^{22}Na . Pomocou tzv. koincidenčného merania som určoval počet koincidiencií za dobu $T = 100 \text{ s}$ pre rozsah uhlov $165^\circ - 195^\circ$ po kroku 1° . Množstvo zaznamenaných signálov zodpovedá Poissonovmu rozdeleniu, t.j. chyba jedného merania je úmerná odmocnине z počtu signálov.

Previedol som meranie pre dva rôzne prípady: detektor bez krytu (index n) a detektor s krytom (index k). Priemer detektorov som určil na $(45 \pm 2) \text{ mm}$ a ich vzdialenosť od vzorky na $(150 \pm 5) \text{ mm}$. Priemer otvoru v kryte je $(10 \pm 1) \text{ mm}$.

Pre obidva prípady som premeral úroveň pozadia $N_{n,poz}$ resp. $N_{k,poz}$ pri postavení, keď detektory zvierali uhol 90° . Pri tomto postavení detektorov teoreticky nedochádza ku detekcii anihilačných párov a sú detekované iba náhodné koincidence

$$N_{n,poz} = (251 \pm 16),$$
$$N_{k,poz} = (97 \pm 10).$$

Namerané hodnoty pre detektory bez krytu sú uvedené v *tabuľke 1* a zobrazené v *grafe 1*, pre detektory s krytom v *tabuľke 2* resp. v *grafe 2*. Namerané body som v programe *Origin* preložil krivkou „spline“. Pre porovnanie uhlových rozdelení sú obe závislosti zobrazené aj v *grafe 3*.

Z nameraných uhlových rozdelení som určil ich pološíрку (v mieste polovičného počtu koincidiencií).

$$\Gamma_n = (13,4 \pm 1,0)^\circ,$$
$$\Gamma_k = (8,1 \pm 0,5)^\circ.$$

Chybu pološírky som odhadol z tvaru závislostí v *grafoch 1* a *2*.

Diskusia:

Namerané uhlové rozdelenia γ -kvánt majú maximálny počet koincidiencií podľa predpokladu okolo hodnoty 180° medzi detektormi.

Teoreticky by uhlové rozdelenie fotónov malo zodpovedať Diracovej distribúcii, no nameraná závislosť tomu nezodpovedá. Tvar tejto závislosti závisí na geometrickom usporiadaní, rozmeroch a tvare detekčnej plochy scintilátorov – môžeme to interpretovať ako nejakú transformáciu prekrytia detekčných plôch scintilátorov (t.j. všeobecne môžeme povedať, že namerané krivky závisia na tvare detektorov). Navyše pri použití zdroji a detektoroch nemôžeme zanedbať ich rozmery a považovať ich za bodové.

Pri použití krytov (t.j. čiastočne zakryté detektory) sa zúžila oblasť uhlov, pod ktorými sa dajú detekovať páry γ -kvánt, t.j. týmto sa zlepšilo rozlíšenie detektorov. V dôsledku toho sa zmenila pološírka rozdelenia, viď *graf 3*. Pološírka pre detektory bez krytov je $\Gamma_n = (13,4 \pm 1,0)^\circ$, kým pre detektory s krytom je $\Gamma_k = (8,1 \pm 0,5)^\circ$, pričom chyby som určil odhadom z grafov.

Lepšie rozlíšenie by sa dalo dosiahnuť použitím krytu s užšou štrbinou (z materiálu, ktorý lepšie odtieňuje γ -žiarenie) a zväčšením vzdialenosti detektorov.

Pri použití krytov je menšia detekčná plocha, a tak došlo ku zníženiu maxima intenzity zaznamenávaného žiarenia zo 121,2 na 54,0 impulzov za sekundu. Z nameraných hodnôt a z *grafu 3* vyplýva, že pri použití krytov nameraná krivka klesá pomalšie pri okrajoch ako pre detektory bez krytov. Je to spôsobené odrazom a rozptylom žiarenia na krytoch, t.j. zvýšením šumu.

Záver:

Nameram som uhlové rozdelenie fotónov z anihilácie elektrón-pozitónového páru, *grafy 1 – 3*. Z nameraných závislostí som určil pološírky oboch uhlových rozdelení

$$\Gamma_n = (13,4 \pm 1,0)^\circ,$$

$$\Gamma_k = (8,1 \pm 0,5)^\circ.$$

Potvrdilo sa, že anihilačné fotóny vyletujú pod uhlom 180° .

Literatúra:

[1] študijný text na stránkach fyzikálneho praktika: <http://physics.mff.cuni.cz/vyuka/zfp/>

Tabuľka 1 – Uhlové rozdelenie (odkryté detektory)

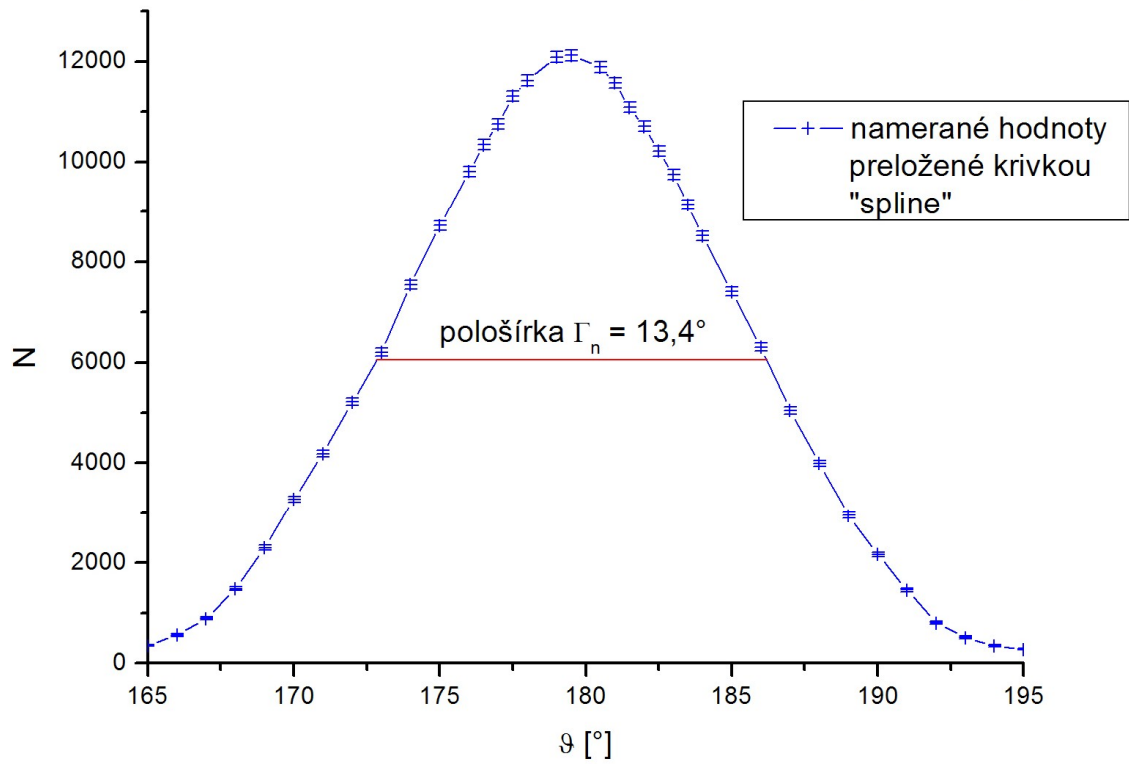
$J [^\circ]$	N	σ_N
195	278	17
194	350	19
193	514	23
192	805	28
191	1462	38
190	2165	47
189	2951	54
188	3990	63
187	5042	71
186	6306	79
185	7408	86
184	8515	92
183,5	9146	96
183	9748	99
182,5	10218	101
182	10710	103
181,5	11089	105
181	11573	108

180,5	11891	109
179,5	12122	110
179	12089	110
178	11622	108
177,5	11312	106
177	10754	104
176,5	10340	102
176	9807	99
175	8720	93
174	7550	87
173	6206	79
172	5213	72
171	4182	65
170	3279	57
169	2299	48
168	1482	38
167	892	30
166	559	24
165	353	19

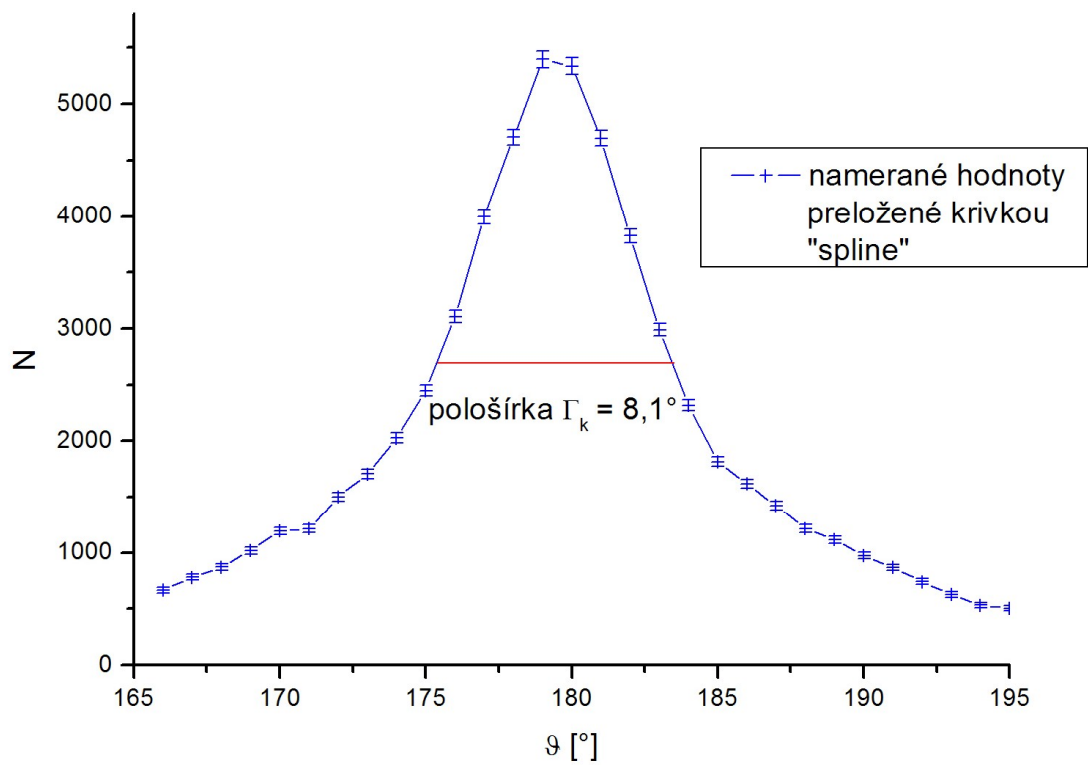
Tabuľka 2 – Uhlové rozdelenie (čiastočne zakryté detektory)

$J [^\circ]$	N	σ_N
195	505	22
194	533	23
193	627	25
192	744	27
191	868	29
190	975	31
189	1117	33
188	1216	35
187	1422	38
186	1618	40
185	1814	43
184	2315	48
183	2989	55
182	3827	62
181	4695	69
180	5335	73
179	5395	73
178	4705	69
177	3997	63
176	3108	56
175	2448	49
174	2025	45
173	1705	41
172	1501	39
171	1214	35
170	1194	35
169	1019	32
168	872	30
167	782	28
166	667	26

Graf 1 - Počet koincidencií N v závislosti na uhle ϑ (odkryté detektory)



Graf 2 - Počet koincidencií N v závislosti na uhle ϑ (čiastočne zakryté detektory)



Graf 3 - Uhlové rozdelenia

