

**ДРУШТВО ЗА ЗАШТИТУ ОД ЗРАЧЕЊА
СРБИЈЕ И ЦРНЕ ГОРЕ**



**ЗБОРНИК
РАДОВА**

**XXIX СИМПОЗИЈУМ ДЗЗСЦГ
Сребрно језеро
27- 29. септембар 2017. године**

**Београд
2017. године**

**SOCIETY FOR RADIATION PROTECTION OF
SERBIA AND MONTENEGRO**



PROCEEDINGS

**XXIX SYMPOSIUM DZZSCG
Srebrno jezero
27- 29. September 2017**

**Belgrade
2017**

ЗБОРНИК РАДОВА

**ХХХ СИМПОЗИЈУМ ДЗЗСЦГ
27-29.09.2017.**

Издавачи:

Институт за нуклеарне науке „Винча“
Друштво за заштиту од зрачења Србије и Црне Горе

За извршног издавача:

Др Борислав Грубор

Уредници:

Др Јелена Станковић Петровић
Др Гордана Пантелић

ISBN 978-86-7306-144-3

©Institut za nuklearne nauke „Vinča“

Техничка обрада:

Јелена Станковић Петровић, Гордана Пантелић

Штампа:

Институт за нуклеарне науке ”Винча”, Мише Петровића Аласа 12-14, 11351
Винча, Београд, Србија

Тираж:

150 примерака

Година издања:

Септембар 2017.

SLUČAJNE KOINCIDENCIJE I KOMPTONSKO RASIJANJE KOD VIŠEDETEKTORSKOG SPEKTROMETRA TIPA PRIPJAT

Nevenka M. ANTOVIĆ¹, Sergej K. ANDRUHOVIĆ², Nikola R. SVRKOTA³

1) Prirodno-matematički fakultet, Univerzitet Crne Gore, Podgorica, Crna Gora

2) Institut za fiziku, Akademija nauka Bjelorusije, Minsk, Bjelorusija

3) Centar za ekotoksikološka ispitivanja, Podgorica, Crna Gora

SADRŽAJ

U radu se razmatraju brzine brojanja fonskih, dvostrukih i trostrukih, koincidencija kod spektrometra PRIPJAT, sa šest NaI(Tl) detektora, geometrijom mjerena $\sim 0.7 \times 4\pi$ sr i vremenom rezolucije koincidencija 40 ns. Analizovane su i diskutovane dvostrukе i trostrukе koincidencije u energetskom opsegu (200-3000) keV, u cijelom dijapazonu i u energetskim prozorima koji odgovaraju oblastima fotopikova gama zraka, koji se u fotopiku registruju samo u integralnom i nekoincidentnom režimu rada spektrometra. Razmatrani su zraci energija 662 keV (deekscitacija ^{137}Ba nakon β -raspada ^{137}Cs), 911 keV (deekscitacija ^{228}Th pri β -raspadu ^{228}Ac , u nizu ^{232}Th) i 1461 keV (deekscitacija ^{40}Ar pri raspadu ^{40}K). Brzine brojanja u fonskom spektru, kao i brzine brojanja u spektrima ^{137}Cs , ^{232}Th i ^{40}K nakon oduzimanja fona raspoloživim kombinacijama parova (uglovi $\sim 90^\circ$ i $\sim 180^\circ$) i trojki detektora koje mogu registrirati dvostrukе i trostrukе koincidencije, pokazale su da glavni doprinos fonskim dvostrukim koincidentijama daju fotoni rasijani iz kristala u kristal.

1. UVOD

Koincidentna registracija gama zraka iz raspada radionuklida podrazumijeva istovremenost (u granicama vremena rezolucije uređaja) signala sa dva, tri i više detektora.

Kada se koristi višedetektorski sistem, tj. spektrometar koincidentija, ukupna brzina brojanja (N) predstavlja sumu brzina brojanja stvarnih (N_{st}) i slučajnih (N_{sl}) koincidentija, odnosno:

$$N = N_{st} + N_{sl}. \quad (1)$$

Stvarne koincidentije su događaji iz istog akta raspada, a slučajne koincidentije predstavljaju događaje koje nemaju isto genetsko porijeklo.

Slučajna koincidentiranja signala, i koincidentije koje se registruju u fonskim spektrima, ometajući su faktori u analizi stvarnih koincidentija gama zraka.

Slučajne koincidentije višestrukosti k , u sistemu sa k detektora, mogu se procijeniti koristeći [1]:

$$N_{sl} = k\tau^{k-1} \prod_{i=1}^k N_i, \quad (2)$$

gdje je N_i brzina brojanja detektora i , a τ je vrijeme rezolucije sistema.

Brzina brojanja fonskih koincidentija takođe je:

$$f = f^{st} + f^{sl}, \quad (3)$$

gdje f^{st} i f^{sl} predstavljaju brzine brojanja stvarnih i slučajnih koincidencija, respektivno. Istraživanja slučajnih koincidencija i komptonskog rasijanja fotona kod višedetektorskog spektrometra tipa PRIPJAT, razvijenog na Institutu za fiziku Akademije nauka Bjelorusije u Minsku, sa šest NaI(Tl) detektora i geometrijom mjerena koja je bliska 4π , dijelom su predstavljena u ovom radu. Prethodno su urađene analize dvostrukih fonskih koincidencija u zavisnosti od ugla između detektora (kod dva višedetektorska sistema sa 32 i 6 NaI(Tl) detektora) i energije fotona [2]. Razmatrani su energetski regioni (200-1500) keV, (200-2000) keV, kao i oblasti fotopikova ($E_\gamma \pm 2\Delta E_\gamma / E_\gamma$) [2]. U okviru ovog rada, razmatrane su brzine brojanja dvostrukih i trostrukih koincidencija – parovima (za dvostrukе koincidencije) i trojkama (za trostrukе koincidencije) detektora, kako u snimljenim spektrima fona, tako i u snimljenim spektrima izvora ^{137}Cs i prirodnih ^{40}K i ^{232}Th (za gama zrake energija 662 keV, 911 keV i 1461 keV, respektivno) u cijelom dijapazonu energija ((200-3000) keV, od 2. do 255. kanala) i u oblastima fotopikova. Navedeni gama zraci se u fotopiku, tj. piku totalne apsorpcije, registruju u integralnom i nekoincidentnom režimu rada spektrometra PRIPJAT. Zrak energije 662 keV emituje se pri deekscitaciji ^{137}Ba , nakon beta-minus raspada fisionog produkta ^{137}Cs (vrijeme poluraspada 30,05 godina [3]). Zrak energije 911 keV emituje se pri deekscitaciji ^{228}Th , nakon beta-minus raspada ^{228}Ac (vrijeme poluraspada 6,15 sati [3]), u nizu ^{232}Th . Zrak energije 1461 keV emituje se pri deekscitaciji ^{40}Ar , nakon raspada ^{40}K (vrijeme poluraspada $1,25 \cdot 10^9$ godina [3]).

2. SPEKTROMETAR PRIPJAT

Spektrometar PRIPJAT [4] ima šest NaI(Tl) detektora (kristali dimenzija: 150 mm x 100 mm). Jedan od spektrometara tog tipa, PRIPJAT-2M, koji se nalazi u laboratoriji za nuklearnu fiziku Prirodno-matematičkog fakulteta Univerziteta Crne Gore u Podgorici, prikazan je na slici 1. Elektronika je tipa CAMAC, prostorni ugao je blizu 4π ($\sim 0,7 \cdot 4\pi$ sr), a vrijeme rezolucije koincidencija iznosi 40 ns. Uz integralni režim rada (kada se registruju i koincidentni i nekoincidentni signali), nekoincidentni režim (registracija zraka kada ne postoji istovremena, u granicama vremena rezolucije, registracija drugog zraka nekim drugim detektorom), postoje i dva koincidentna režima rada. Jedan koincidentni režim pokazuje koincidencije višestrukosti od 2 do 6, bez njihovog razdvajanja, a drugi – daje pojedinačne spektre dvostrukih, trostrukih, ..., do šestostrukih koincidencija, uz mogućnost izbora režima. Na primjer, izabrani režim 3, znači da se dobijaju spektri (sa pojedinačnih detektora i sumarni, za spektrometar) – nekoincidenti, dvostrukih i trostrukih koincidencija.

Uobičajeno se kalibracija sistema tipa PRIPJAT vrši pomoću izvora/standarda ^{137}Cs i ^{40}K , softverom PRIP, koji se koristi i za snimanje i za analizu spektara.

Broj parova detektora koji mogu da registruju dvostrukе koincidencije, pod uglom 90° (iz centra detekcione komore, oblika kocke stranice 17,5 cm, na centre kristala) je dvanaest: 12, 14, 15, 16, 23, 25, 26, 34, 35, 36, 45, 46 (slika 1), a pod uglom 180° – tri: 13, 24 i 56 (slika 1), tj. ukupno 15. Kao ilustracija, jedan par detektora (ugao 90°) predstavljen je na slici 2.

Broj trojki detektora, koje mogu da registruju trostrukе koincidencije (slika 1), je 20, i to: 123, 124, 125, 126, 134, 135, 136, 145, 146, 156, 234, 235, 236, 245, 246, 256, 345, 346, 356, 456.



Slika 1. Detektorske jedinice spektrometra tipa PRIPJAT (PRIPJAT-2M)



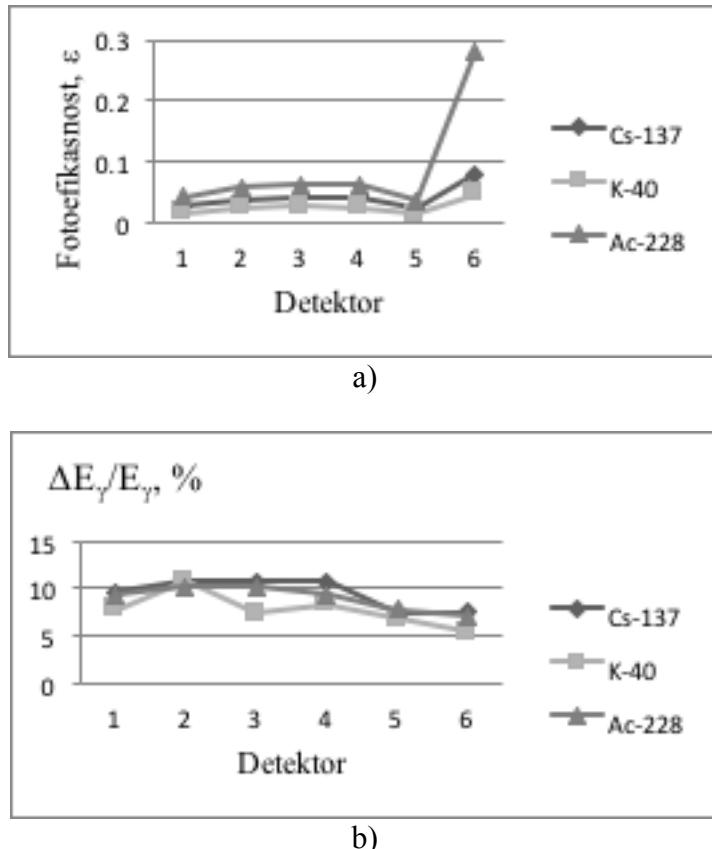
Slika 2. Detekciona komora i par detektora koji može da registruje dvostruku koincidenciju

Za potrebe analiza uključenih u ovaj rad, korišćeni su na spektrometru PRIPJAT-2M ranije snimljeni spektri ^{40}K (VNIIM D. I. Mendeleev, Sankt Peterburg, Rusija, kalijum-hlorid mase 0,55 kg, aktivnosti 9 kBq), ^{232}Th (Institut za fiziku, Akademija nauka Bjelorusije, Minsk, aktivnosti 1 kBq) i ^{137}Cs (VNIIM D. I. Mendeleev, Sankt Peterburg, Rusija, smola mase 0,486 kg, aktivnosti 0,87 kBq – 01.01.1994.). Izvori, koji su približno centrirani i postavljeni na detektor 6, ^{137}Cs i ^{40}K (u cilindričnim plastičnim posudama spoljašnjeg dijametra 10,7 cm (debljina zida je 1,0 mm) i visine 8 cm) snimani su po 500 s realnog vremena (živa vremena: 448,8 s i 405,9 s, respektivno), kao i po 200 s realnog vremena (živa vremena: 179,7 s i 162,4 s, respektivno), a izvor ^{232}Th (visina: 10 mm, prečnik: 15 mm, masa: 1,41 g) – 1000 s realnog vremena (živo vrijeme: 794,6 s).

3. REZULTATI I DISKUSIJA

Fotoefikasnosti registracije (tj. efikasnosti registracije u piku totalne apsorpcije, \sum) ^{137}Cs , ^{228}Ac i ^{40}K (gama zraka energija 662 keV, 911 keV i 1461 keV, respektivno) za pojedinačne detektore spektrometra PRIPJAT-2M, određene eksperimentalno u nekoincidentnom režimu rada (kao odnos brzine brojanja u fotopiku nakon oduzimanja fona, intenziteta gama zraka i aktivnosti izvora), prikazane su na slici 3a. Kad su u pitanju fotoni energije 662 keV, iz spektara snimanih 500 s realnog vremena, srednja vrijednost ovih efikasnosti, za šest detektora u sistemu PRIPJAT-2M, iznosi 0,041, za fotone energije 1461 keV – 0,024 [2], a za fotone energije 911 keV – 0,089.

Energetska rezolucija ($\Delta E_{\gamma}/E_{\gamma}$) istih detektora predstavljena je na slici 3b, i ima vrijednosti od 7,5% do 10,7%, sa srednjom vrijednošću 9,5% (662 keV), od 5,3% do 10,7%, sa srednjom vrijednošću 7,7% (1461 keV) [2], kao i od oko 7% do 10,1%, sa srednjom vrijednošću blizu 9% – za fotone energije 911 keV.



Slika 3. Fotoefikasnosti i energetske rezolucije pojedinačnih detektora

3.1. BRZINE BROJANJA DVOSTRUKIH I TROSTRUKIH FONSKIH KOINCIDENCIJA

Spektri izvora ^{137}Cs i ^{40}K , snimani 200 s realnog vremena, i ^{232}Th koji je sniman 1000 s realnog vremena, kao i odgovarajući spektri fona, i uz odgovarajuću kalibraciju spektrometra, korišćeni su za analize srednjih brzina brojanja dvostrukih i trostrukih koincidencija.

Analize registracije impulsa od strane parova i trojki detektora spektrometra PRIPJAT-2M, a na osnovu spektara pojedinačnih detektora, u režimima dvostrukih i trostrukih koincidencija, pokazale su približno srednje vrijednosti brzina brojanja predstavljene u tabeli 1. Spektri izvora razmatrani su nakon oduzimanja odgovarajućeg fona.

U spektrima fona, u cijelom energetskom dijapazonu, srednja brzina brojanja dvostrukih koincidencija, parovima detektora, bila je oko 0,3 imp/s, a trostrukih, trojkama detektora, oko 0,2 imp/s. U oblastima fotopikova 662 keV, 911 keV i 1461 keV, u spektrima fona, brzine brojanja dvostrukih koincidencija bile su oko 0,06 imp/s, 0,04 imp/s i 0,02 imp/s, respektivno, a trostrukih oko 0,03 imp/s, 0,025 imp/s i 0,021 imp/s, respektivno.

Cijeli energetski dijapazon u slučaju izvora ^{232}Th nije razmatran, zbog toga što postoji intenzivna registracija dvostrukih i trostrukih koincidencija (pojedinačnim parovima i trojkama detektora) fotona energije 583 keV i 2615 keV (beta-minus raspad ^{208}Tl , tj. deekscitacija ^{208}Pb), i spektrometrom u cjelini [5].

Tabela 1. Srednje brzine brojanja koincidencija parovima i trojkama detektora u sistemu PRIPJAT-2M

Region u spektru	Dvostrukе koincidencije [imp/s]	Trostrukе koincidencije [imp/s]	Odnos brzina brojanja koincidencija: dvostrukе/trostrukе
<i>Spektar izvora ^{137}Cs</i> Cijeli energetski dijapazon Oblast fotopika 662 keV	0.87 0.033	0.12 0.017	7.25 1.94
<i>Spektar izvora ^{232}Th</i> Oblast fotopika 911 keV	2.37	0.246	9.63
<i>Spektar izvora ^{40}K</i> Cijeli energetski dijapazon Oblast fotopika 1461 keV	1.92 0.139	0.13 0.014	14.8 9.93

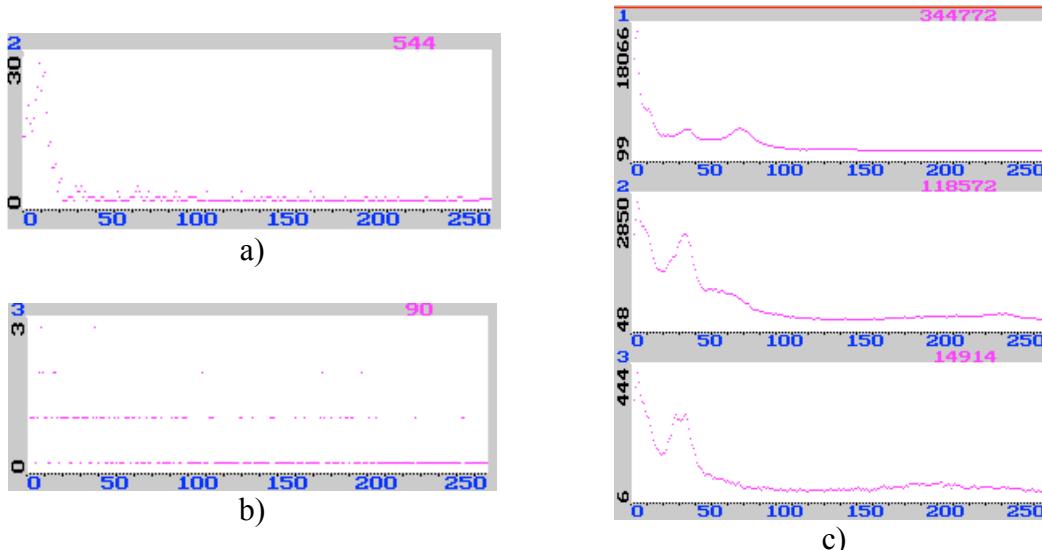
Cs-137 se može smatrati monoenergetskim izvorom, imajući u vidu da njegov raspad prate dvije (jednokaskadne) emisije, pri čemu je drugi gama zrak, energije 283,5 keV, intenziteta ispod 0,0006 % [3]. K-40 je monoenergetski izvor (gama zrak energije 1461 keV, pri deekscitaciji ^{40}Ar), ali, zbog njegovog beta-plus raspada do osnovnog stanja ^{40}Ar , određeni doprinos spektrima dvostrukih koincidencija mogu dati anihilacioni fotoni (511 keV, 0,002 % [3]) – u sistemima koji sadrže parove detektora pod uglom 180°.

U slučaju monoenergetskih izvora, tj. emitera jednokaskadnih gama zraka, kada se emitovani gama zrak u piku totalne apsorpcije registruje u nekoincidentnom (i integralnom) režimu rada, impulsi u spektrima koincidencija (nakon oduzimanja fonskog spektra), posljedica su rasijanja fotona iz jednog detektora u drugi, kao i slučajnih koincidiranja signala. Procjene slučajnih koincidencija (izraz (2)) fotona iz monoenergetskih izvora, za srednje brzine brojanja pojedinačnih detektora, pokazuju njihov zanemarljiv doprinos – kako u oblasti fotopikova, tako i u cijelom dijapazonu energija. Slijedi da su brzine brojanja fonskih koincidencija uglavnom uslovljene rasijanjem fotona iz kristala u kristal, te da su korekcije na ovaj fenomen, koje se pri analizama fotopikova rade, neophodne, posebno u režimu najintenzivnijih (kako to i pokazuju podaci u tabeli 1), dvostrukih, koincidencija.

Spektri sa pojedinačnih detektora u sistemu PRIPJAT, prikazani pomoću softvera PRIP, pokazuju broj ukupno registrovanih koincidencija, kada dati detektor registruje gama zrake istovremeno, u granicama vremena rezolucije koincidencija, sa nekim drugim detektorom/detektorima u sistemu. Sumarni spektri tog tipa, od 2. do 255. kanala, u energetskom opsegu (200-3000) keV, za različite kombinacije detektora, takođe su razmatrani nakon oduzimanja odgovarajućeg fona. Kao ilustracija, na slici 4 dat je takav sumarni spektar ^{137}Cs (200 s realnog vremena mjerjenja) u režimu dvostrukih koincidencija za par detektora 34 (a), ^{40}K (200 s realnog vremena mjerjenja) u režimu trostrukih koincidencija za trojku detektora 456 (b), ^{232}Th (1000 s realnog vremena

mjerenja) u nekoincidentnom i režimu dvostrukih i trostrukih koincidencija za trojku detektora 346 (c).

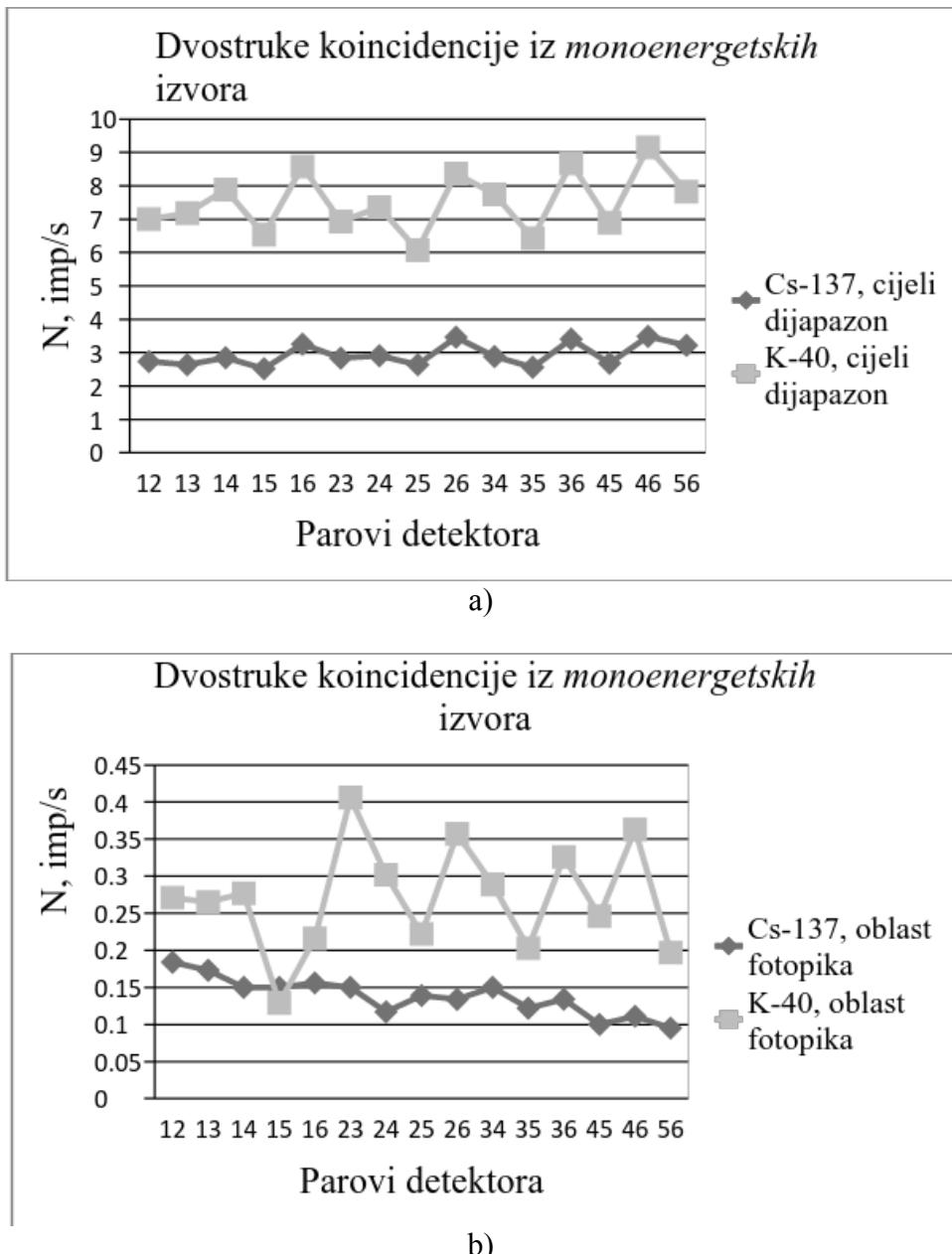
Analize brzine brojanja dvostrukih koincidencija u pomenutim sumarnim spektrima parova detektora, dale su rezultate predstavljene na slikama 5-7, i u tabeli 2. Spektri izvora razmatrani su nakon oduzimanja odgovarajućeg fonskog spektra.



Slika 4. Spektri: dvostrukе коинциденције – извор ^{137}Cs (a); троstrukе коинциденције – извор ^{40}K (b), некоидентни, спектар двоstrukih i троstrukih коинциденција – извор ^{232}Th (пикови на енергијама 583 keV i 911 keV) (c)

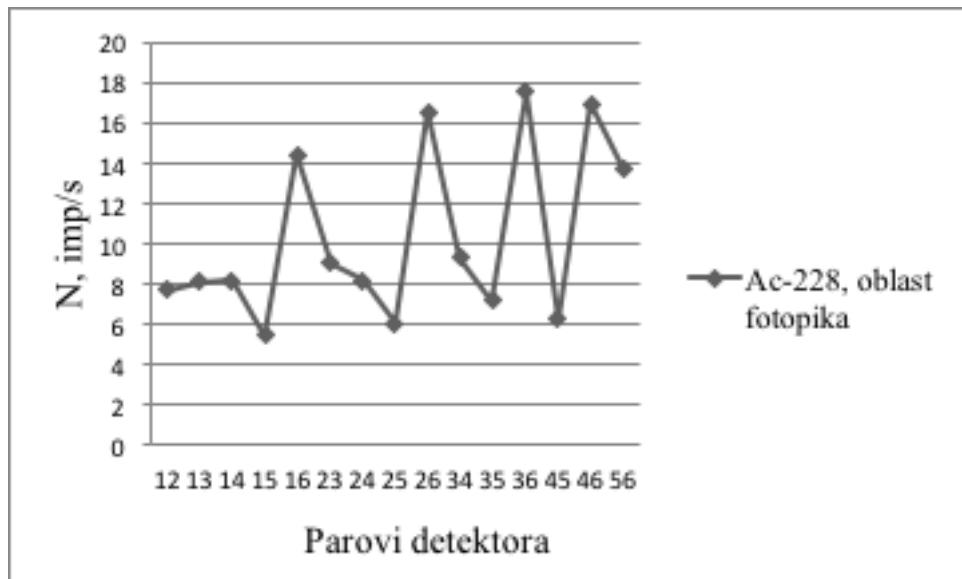


Slika 5. Brzine brojanja fonskih dvostrukih koincidencija u sumarnim spektrima parova detektora – u dijapazonu (200-3000) keV i oblastima fotopikova



Slika 6. Brzine brojanja dvostrukih koincidencija u sumarnim spektrima parova detektora, iz izvora ^{137}Cs i ^{40}K : u dijapazonu (200-3000) keV (a), u oblastima fotopikova (b)

Analize brzine brojanja trostrukih koincidencija, iz sumarnih spektara trojki detektora, dale su rezultate predstavljene tabelama 2 (MIN – minimalna brzina brojanja, MAX – maksimalna brzina brojanja, SV – srednja vrijednost brzina brojanja, SD – standardna devijacija, MED – medijana) i 3. I u ovom slučaju spektri izvora razmatrani su nakon oduzimanja odgovarajućeg fonskog spektra.



Slika 7. Brzine brojanja dvostrukih koincidencija u sumarnim spektrima parova detektora iz izvora $^{232}\text{Th}/^{228}\text{Ac}$, u oblasti fotopika 911 keV

Tabela 2. Brzine brojanja dvostrukih i trostrukih koincidencija iz sumarnih spektara parova i trojki detektora

Izvor i region u spektru	MIN [imp/s]	MAX [imp/s]	SV [imp/s]	SD [imp/s]	MED [imp/s]
<i>Dvostrukе koincidencije</i>					
Fon: (200-3000) keV	1,05	1,49	1,23	0,13	1,23
Fon: 662 keV	0,226	0,331	0,265	0,035	0,276
Fon: 911 keV	0,159	0,225	0,187	0,02	0,183
Fon: 1461 keV	0,055	0,140	0,094	0,027	0,095
^{137}Cs :					
(200-3000) keV	2,52	3,49	2,94	0,34	2,85
^{137}Cs : 662 keV	0,095	0,184	0,138	0,025	0,139
$^{232}\text{Th}/^{228}\text{Ac}$:					
911 keV	5,38	17,5	10,3	4,28	8,15
^{40}K :					
(200-3000) keV	6,07	9,16	7,51	0,91	7,36
^{40}K : 1461 keV	0,129	0,406	0,271	0,073	0,271
<i>Trostrukе koincidencije</i>					
Fon: (200-3000) keV	0,70	0,86	0,78	0,03	0,77
Fon: 662 keV	0,110	0,181	0,144	0,019	0,145
Fon: 911 keV	0,083	0,119	0,101	0,010	0,102
Fon: 1461 keV	0,055	0,090	0,075	0,009	0,075
^{137}Cs :					
(200-3000) keV	0,37	0,55	0,46	0,043	0,46
^{137}Cs : 662 keV	0,045	0,134	0,083	0,021	0,089
$^{232}\text{Th}/^{228}\text{Ac}$:					
911 keV	0,648	1,279	0,935	0,202	0,908
^{40}K :					
(200-3000) keV	0,44	0,63	0,54	0,05	0,54
^{40}K : 1461 keV	0,031	0,055	0,042	0,007	0,043

Tabela 3. Brzine brojanja (u [imp/s]) trostrukih koincidencija, iz sumarnih spektara trojki detektora

	N ₁	N ₂	N ₃	N ₄	N ₅	N ₆	N ₇	N ₈	N ₉
123	0,78	0,160	0,090	0,48	0,095	0,51	0,031	0,10	0,831
124	0,75	0,145	0,070	0,41	0,056	0,56	0,031	0,10	0,763
125	0,76	0,165	0,080	0,49	0,072	0,55	0,031	0,10	0,651
126	0,79	0,130	0,080	0,46	0,095	0,50	0,043	0,10	1,095
134	0,75	0,135	0,065	0,46	0,089	0,61	0,043	0,10	0,880
135	0,74	0,160	0,085	0,55	0,106	0,58	0,037	0,10	0,737
136	0,78	0,115	0,080	0,50	0,134	0,54	0,049	0,08	1,037
145	0,70	0,140	0,065	0,47	0,061	0,63	0,037	0,10	0,648
146	0,75	0,110	0,055	0,43	0,089	0,58	0,049	0,08	0,995
156	0,75	0,145	0,080	0,50	0,100	0,58	0,049	0,08	0,848
234	0,78	0,150	0,075	0,42	0,056	0,48	0,037	0,12	0,936
235	0,79	0,181	0,090	0,47	0,072	0,52	0,037	0,12	0,789
236	0,86	0,140	0,085	0,45	0,100	0,44	0,043	0,11	1,277
245	0,77	0,171	0,075	0,39	0,045	0,55	0,037	0,10	0,688
246	0,81	0,125	0,065	0,37	0,067	0,48	0,043	0,11	1,196
256	0,80	0,145	0,075	0,44	0,089	0,50	0,043	0,11	1,073
345	0,77	0,165	0,070	0,47	0,072	0,59	0,049	0,10	0,780
346	0,82	0,125	0,065	0,42	0,089	0,52	0,055	0,10	1,279
356	0,79	0,145	0,075	0,51	0,106	0,53	0,049	0,11	1,135
456	0,77	0,125	0,065	0,43	0,072	0,55	0,049	0,10	1,052

N₁ – fon u cijelom dijapazonu energija (od 200 keV do 3000 keV), N₂ – fon u oblasti pika 662 keV, N₃ – fon u oblasti pika 1461 keV; N₄ – izvor ¹³⁷Cs u cijelom dijapazonu energija, N₅ – izvor ¹³⁷Cs u oblasti pika 662 keV; N₆ – izvor ⁴⁰K u cijelom dijapazonu energija, N₇ – izvor ⁴⁰K u oblasti pika 1461 keV; N₈ – fon u oblasti pika 911 keV, N₉ – izvor ²³²Th/²²⁸Ac u oblasti pika 911 keV

4. ZAKLJUČAK

Analize spektara dvostrukih i trostrukih koincidencija, parova i trojki detektora u sistemu PRIPJAT-2M, pokazale su da su dvostrukе koincidencije, očekivano, najintenzivnije, i dominantno doprinose koincidentnim (fonskim) spektrima, kao i da je doprinos slučajnog koincidiranja fotona koji ne učestvuju u kaskadama pri deekscitaciji jezgra produkata raspada, zanemarljiv, dok je glavni izvor takvih fonskih koincidencija – rasijanje fotona.

5. LITERATURA

- [1] В. И. Калашникова, М. С. Козодаев. Детекторы элементарных частиц. *Наука*, Москва, 1966.
- [2] N. M. Antović, Sergey K. Andrukhovich, N. Svrkota. Background double coincidences at a multidetector gamma spectrometer. *Rad će biti prezentovan na RAD2017, 12-16. 06. 2017, Budva, Crna Gora*.
- [3] http://www.nucleide.org/DDEP_WG/DDEPdata.htm
- [4] С. К. Андрухович, А. В. Берестов, В. И. Гутко, А. М. Хильманович. Высокочувствительные многодетекторные гамма спектрометры ПРИПЯТЬ. Препринт Института физики АН БССР, Минск, 1995.
- [5] N. Antovic, N. Svrkota. Development of a method for activity measurements of ²³²Th daughters with a multidetector gamma-ray coincidence spectrometer. *Appl. Radiat. Isot.*, 67 (6), 2009, 1133-1138.

RANDOM COINCIDENCES AND COMPTON SCATTERING AT A MULTIDETECTOR SPECTROMETER OF THE PRIPYAT TYPE

Nevenka M. ANTOVIĆ¹, Sergej K. ANDRUHOVIĆ², Nikola R. SVRKOTA³

1) Faculty of Natural Sciences and Mathematics, University of Montenegro,
Podgorica, Montenegro

2) Institute of Physics, National Academy of Sciences of Belarus, Minsk, Belarus

3) Centre for Ecotoxicological Research, Podgorica, Montenegro

ABSTRACT

The counting rates of the background double and triple coincidences at the PRIPYAT spectrometer, with six NaI(Tl) detectors, registration geometry $\sim 0.7 \times 4\pi$ sr, and time resolution for coincidences 40 ns, are considered in the work. Double and triple coincidences in the energy range (200-3000) keV, in the whole region and in the energy windows corresponding to the photo-peaks of gamma rays, which are registered in the photo-peaks in the spectrometer integral and non-coincidence mode of counting only, have been analyzed and discussed. Considered rays were ones with the energy 662 keV (de-excitation of ^{137}Ba , after β -decay of ^{137}Cs), 911 keV (de-excitation of ^{228}Th , β -decay of ^{228}Ac , in the ^{232}Th series) and 1461 keV (de-excitation of ^{40}Ar , decay of ^{40}K). Counting rates in the background spectrum, as well as in the spectra of ^{137}Cs , ^{232}Th and ^{40}K after background subtraction, obtained by the detector duplets (angles $\sim 90^\circ$ and $\sim 180^\circ$) and triplets of detectors capable to register double and three-fold gamma coincidences, showed that the main contribution to the background double coincidences was given by the photons scattered from crystal to crystal.