ISSN 1512-1461

UDC 539.1 Nuclear physics. Atomic physics. Molecular physics

გამა-სპექტრომეტრის დიფერენციალური და ინტეგრალური მახასიათებლების შესწავლა

მ. გოჩიტაშვილი, ნ.გუბაძე, ვ.ჯაში, ვ.კიკვაძე, გ.ივანოვი

თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტი, ზუსტ და საბუნებისმეტყველო მეცნიერებათა ფაკულტეტი, ფიზიკის დეპარტამენტი. 0128, თბილისი, ჭავჭავაძის 3, საქართველო.

მოცემულ სამუშაოში გამოკვლეულ იქნა სხვადასხვა ენერგიის გამა გამოსხივების ურთიერთქმედების მექანიზმი გარემოს ატომებთან. კვლევის პროცესში გამოყენებულ იქნა რადიოაქტიური ნიმუშები: ^{241}Am-ამერეციუმი($E_\gamma = 59.5_{keV}$), ^{226}Ra-რადიუმი (E_γ=186кэв, 242кэв, 295кэв,352кэв, 609кэв),^{137}Cs-ცეზიუმი ($E_\gamma = 662_{keV}$) და ^{60}Co-კობალტი (E_γ=1173кэв, 1332кэв) $E_\gamma = 59.5_{keV}$) ($E_\gamma = 1173_{keV}$, 1332_{keV}). გაზომვები ჩატარდა მრავალარხიან ამპლიტუდურ გამა-სპექტრომეტრზე. გამა გამოსხივების რეგისტრაციისათვის გამოიყენებოდა $NaI(Tl)$ კრისტალური სცინტილატორი.

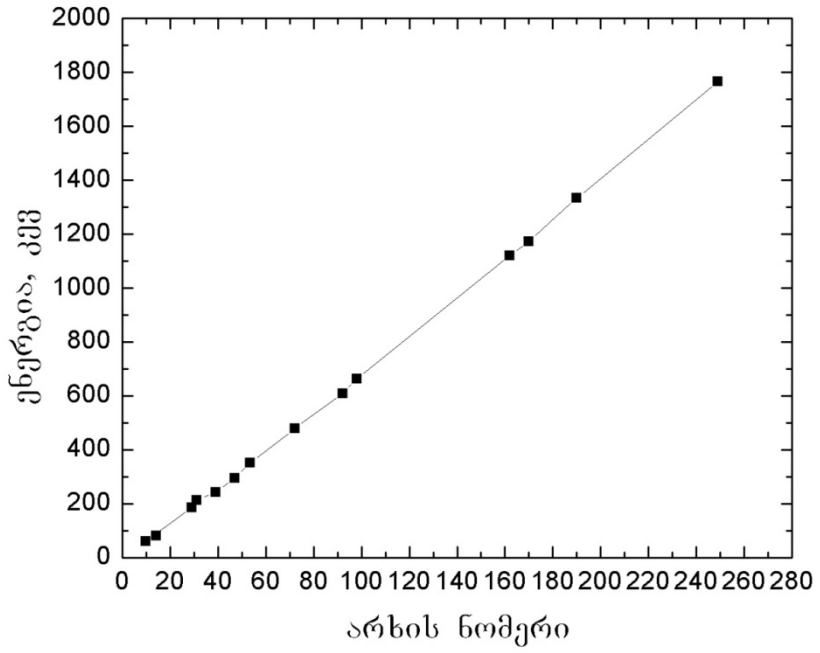
საკვანძო სიტყვები: სცინტილატორი, რადიოაქტიური ნუკლიდები, გამა სპექტრომეტრი.

სამუშაო მეთოდური ხასიათისაა, ექსპერიმენტული გაზომვები ჩატარებულია მრავალარხიან ამპლიტუდურ გამა-სპექტრომეტრზე. გამოსხივების რეგისტრაციისათვის გამოყენებულია $NaI(Tl)$ კრისტალური სცინტილატორი. მისი გარჩევისუნარიანობა მოცემულ ენერგეტიკულ დიაპაზონში არ აღემატება 7-10%. სპექტროსკოპული მონაცემები ნუკლიდებისათვის აღებულია უცხოური ლიტერატურიდან [1-3].

მიუხედავად იმისა, რომ დღესდღეობით ფართოდაა გავრცელებული უფრო მაღალი გარჩევისუნარიანობის დეტექტორები, გარკვეულ პრაქტიკულ ამოცანებში მიზანშეწონილია $NaI(Tl)$ კრისტალური სცინტილატორის გამოყენება-კერძოდ სხვადასხვა გარემოს რადიაციული დაბინძურების შემთხვევაში, როდესაც აუცილებლობას წარმოადგენს ფართოდ გავრცელებული რადიაქტიური ნუკლიდების აქტივობის გაზომვა და არაა საჭირო მატი იდენტიფიკაციისათვის მაღალი გარჩევისუნარიანობა[4,5]. ხაზი უნდა გაესვას იმ ფაქტს, რომ ასეთი ტიპის დეტექტორები არ მოითხოვენ დაბალ სამუშაო ტემპერატურას და მათი ექსპლოატაცია შესაძლებელია ხანგრძლივი კვლევის პროცესში. ასევე მათი საბაზრო ფასი მნიშვნელოვნად მცირეა სხვა დეტექტორებთან შედარებით.

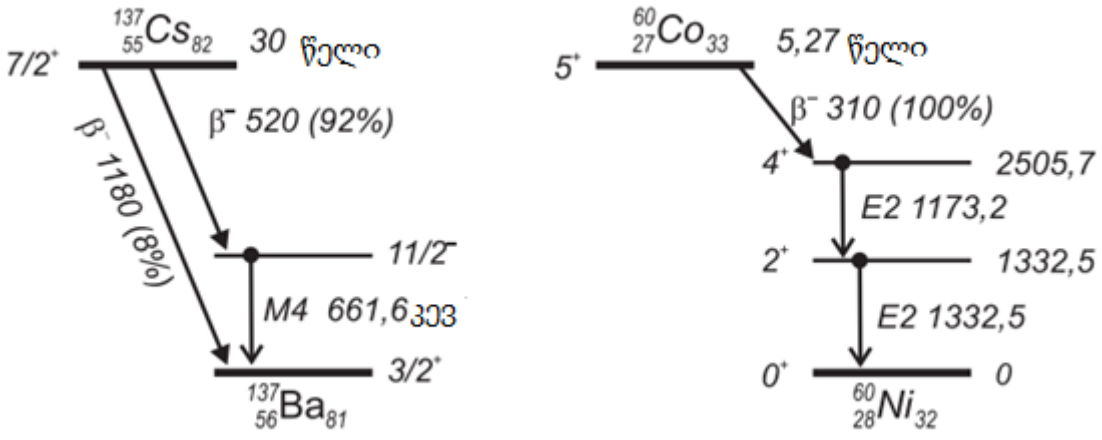
გამოსხივების ფართე ენერგეტიკულ დიაპაზონში 50-1600 keV გაზომვების ჩატარებამ საშუალება მოგვცა მოგვეხდინა არხის ნომრის ენერგეტიკულ ერთეულებში დაგრადუირება. ჩვენი შედეგებიდან გამომდინარე დამოკიდებულება არხის ნომერსა და გამა კვანტის ენერგიას შორის წრფივია (ნახ.1).

ISSN 1512-1461



ნახ.1

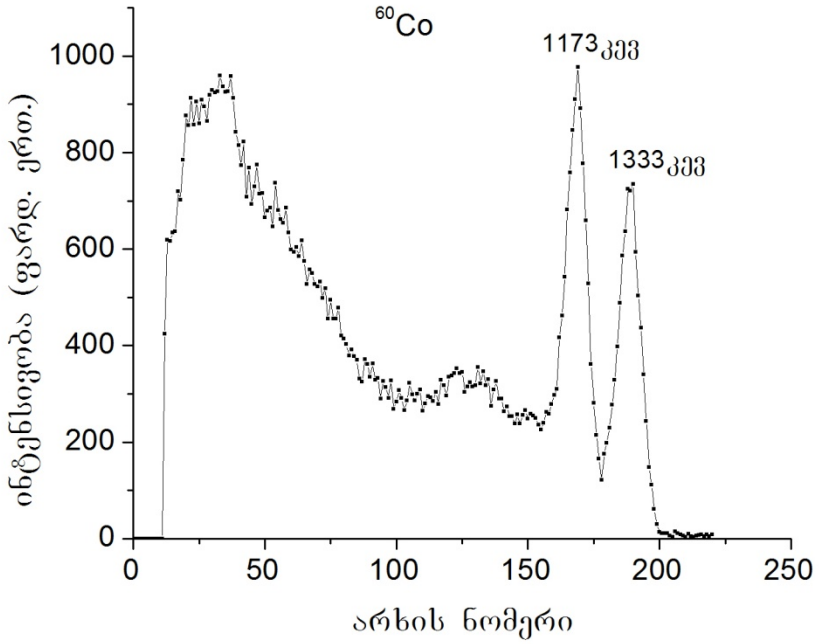
მე-2 ნახაზზე მოცემულია Co-60 და Cs-137 რადიაქტიური ნუკლიდების დაშლის სქემა.



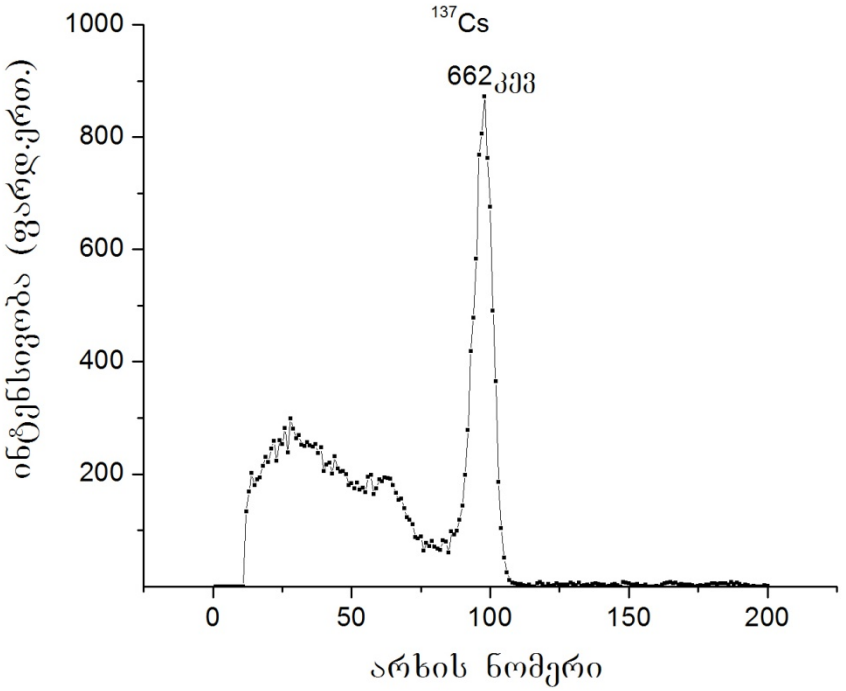
ნახ.2

მე-3-6 ნახაზებზე მოცემულია კობალტის (Co-60), ცეზიუმის (Cs-137), რადიუმის (Ra-226) და ამერეციუმის (Am-241) სპექტრალური სურათები.

ISSN 1512-1461

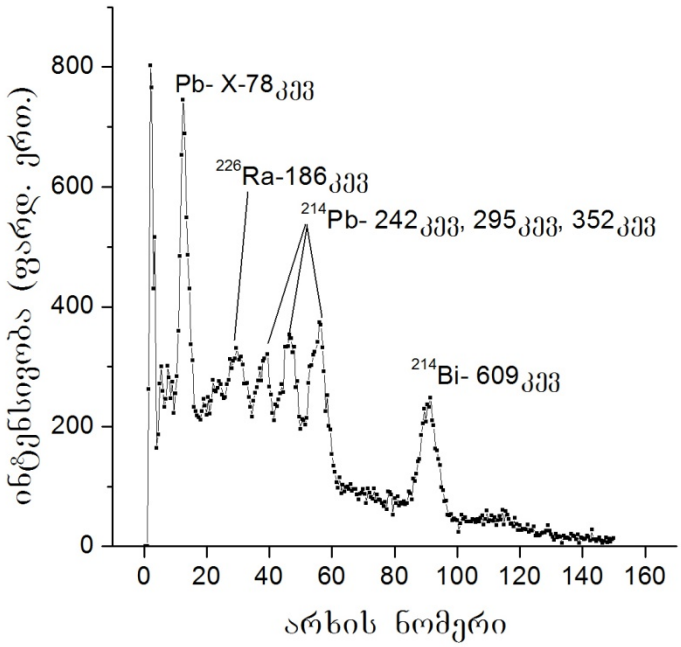


ნახ.3



ნახ.4

ISSN 1512-1461



ნახ.5

კობალტის შემთხვევაში დაიკვირვება ორი მკვეთრად გამოკვეთილი პიკი, რომლებიც შეესაბამება ფოტოეფექტის პროცესში $E_\gamma = 1173keV$ და $1332keV$ ენერგიის გამა კვანტების სრული შთანთქმის პიკებს. უწყვეტი სპექტრი შეესაბამება კომპტონ ეფექტში გაფანტულ კვანტებს-ფოტონებს, რომლებიც კომპტონ ეფექტის შედეგად წარმოშობენ მაღალი ენერგიის ელექტრონებს. ეს ელექტრონები სცინტილაციურ გარემოში კარგავენ ენერგიას და იძლევიან გამოსხივების უწყვეტ სპექტრს. განსაკუთრებით მდიდარია სპექტრი რადიუმის შემთხვევაში (ნახ.5).

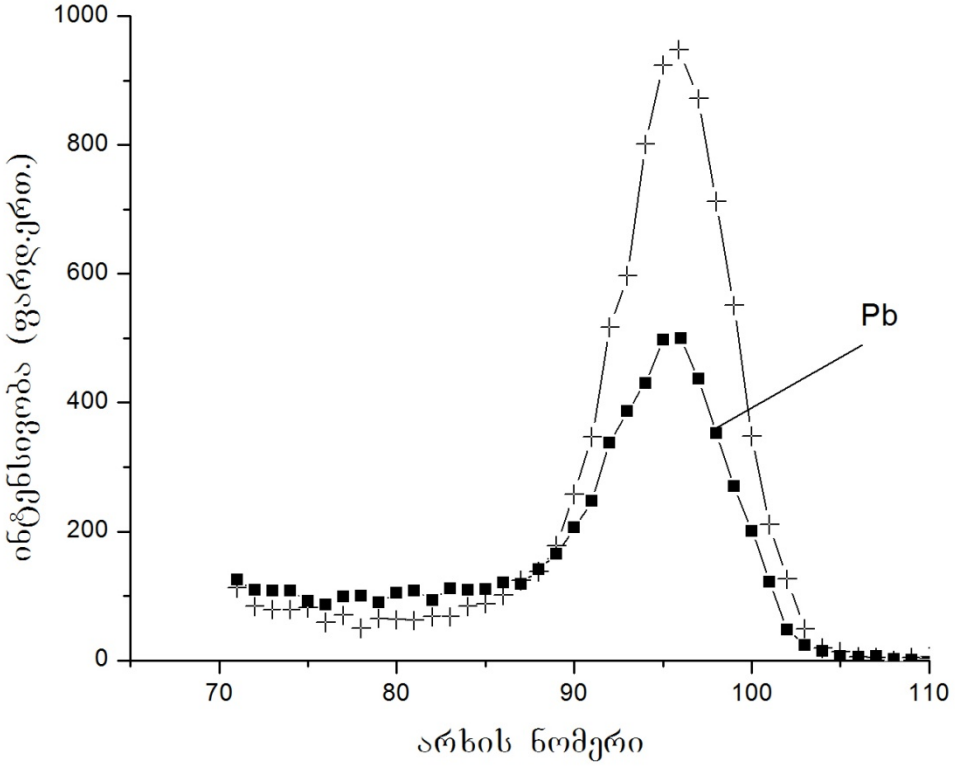
ცნობილია,რომ ამერეციუმის შემთხვევაში კომპტონის გაფანტვის უწყვეტი სპექტრალური ფონი სამი რიგით მცირეა ფოტოეფექტის შესაბამის სრული შთანთქმის პიკის ფართთან შედარებით. ეს დაიკვირვება ჩვენს შემთხვევაშიც .

განსხვავებით ამერეციუმისაგან, კობალტის შემთხვევაში კომპტონის უწყვეტი სპექტრი დაიკვირვება ფართე არეში. კობალტისა და ცეზიუმის შემთხვევაში ასევე დაიკვირვება კომპტონის მკვეთრი საზღვარი, რომელიც შეესაბამება მაქსიმალური ენერგიის ელექტრონებს. ელექტრონების მაქსიმალური ენერგია გამოისახება შემდეგი ფორმულით[3]:

$$E_c = \frac{E_\gamma}{\left(1 + \frac{m_0 \cdot c^2}{2 \cdot E_\gamma}\right)}$$

ISSN 1512-1461

E_c -კომპტონის ელექტრონის ენერგიაა, E_γ -გამა კვანტის ენერგია, $m_0 c^2$ = 511კევ - ელექტრონის უძრაობის ენერგია. მოცემულ სამუშაოში ასევე შეფასდა ფოტოეფექტის კვეთი [6,7] სხვადასხვა ენერგიის გამა კვანტებისათვის Al, Cu და Pb-ტყვიის გარემოში. მე-6 ნახაზზე მოცემულია ექსპერიმენტული შედეგი 3მმ ტყვიის ფირფიტისათვის. ნახაზი შეესაბამება 662კევ ენერგიის გამა გამოსხივების რეგისტრაციის შედეგს ტყვიის გარეშე -(+) და ტყვიაში შთანთქმის შემდეგ მიღებულს - (−▪−).



ნახაზზე მოცემული მრუდების ქვეშ მოთავსებული ფართების განსაზღვრის შემდეგ აღმოჩნდა, რომ 3მმ სისქის ტყვიაში შთაინთქმება თითქმის 40% დაცემული გამოსხივებისა. ცხადია, რომ პიკის მთელი ფართი არ შეესაბამება მხოლოდ ფოტოეფექტის შთანთქმის კვეთს, არამედ შეეესაბამება კომპტონის გაფანტვის უწყვეტ სპექტრსაც. ამას ადასტურებს სპექტრის მარცხენა უბანში შედარებით მაღალი ფონის არსებობა. ფართის შეფასება რეალიზებულ იქნა “Origin” პროგრამულ გარემოში.

ISSN 1512-1461

ლიტერატურა:

1."Identification of Unknown Radionuclides" γ - (Spectrometry) TECHNICAL UNIVERSITY DRESDEN, 2015.

2.Храмов А.С., Бикчантаев М.М., Хрипунов Д.М., „Гамма-спектроскопия: калибровка гамма-спектрометра, сцинтилляционные детекторы“, Казань: К(П)ФУ, 2014.

3.Ian Rittersdorf, “Gamma Ray Spectroscopy“, Nuclear Engineering & Radiological Sciences ianrit@umich.edu March 20, 2007.

4.Л.И Виноградов, „ Сцинтилляционный гамма спектрометр“, Санкт-петербургский государстиенный университет, физический факультет, Санкт-петербург, 2008.

5.Р. Ю. Шендрик, Методы экспериментальной физики конденсированного состояния, Часть 3, Введение в физику сцинтилляторов -1, Иркутск 2013.

6.Б.С. Ишханов, И.М. Капитонов.“ Взаимодействие электромагнитного излучения с атомными ядрами“. Изд. МГУ, 1979.

7.Н. А. Алешкевич, В. Е. Гайшун, Д. Л. Коваленко; Радиационные измерения: практическое пособие по спецкурсу для студентов специализации “Физическая метрология и автоматизация эксперимента” Гомельский государственный университет им. Ф. Скорины – Гомель: ГГУ им. Ф. Скорины, 2009.

Article received 2017-12-03