

NADİR BÖLÜNMƏ PROSESLƏRİNİN NƏTİCƏLƏRİNİN İŞLƏNMƏSİ ÜÇÜN ÇOX ALQORİTMLİ ANALİZ PROQRAMI

Q.S. ƏHMƏDOV^{1,2,3}

¹ AMEA, Radiasiya Problemləri İnstitutu, Bakı, Azərbaycan

² Birləşmiş Nüvə Tədqiqatları İnstitutu, Dubna, Rusiya

³ NRYTN- Milli Nüvə Tədqiqatları Mərkəzi, Bakı, Azərbaycan

E-mail: ahmadovg@nf.jinr.ru

Nüvənin bölünmə mexanizminin öyrənilməsi üçün əsas məlumat mənbəsindən biri olan nadir nüvə prosesləri (ağır nüvələrin təsirlə və spontan bölünməsi nəticəsində) intensiv təcrübə və nəzəri tədqiqatların əsas istiqamətlərindəndir. Bu prosesləri öyrənmək üçün üç yarımkeçirici ΔE - E teleskopundan və silisium əsaslı detektordan ibarət qeyd etmə sistemindən alınan nəticələrin işlənməsi mürəkkəb və vaxt tələb edən prosesdir. Bu iş müxtəlif bölünmə hadisələri arasında üçqat və dördqat bölünmə zərrəciklərini analiz etmək və ya filtrləmək üçün çoxlu alqoritmdən ibarət ROOT proqramı əsasında yazılmış proqrama həsr edilmişdir. Proqram uzun müddət toplanmış faylları ASCII və binar formatlarda analiz edərək, bütün detektorların nəticələrini əlaqələndirərək, zərrəciklərin qarşılıqlı əlaqə müddəti, koordinatları, enerjisi və onların tipləri haqqında nəticələr almağa imkan verir. Proqramın işləməsi ²⁵²Cf spontan parçalanma mənbəyindən üçqat bölünmə məlumatlarını analiz etmək üçün sınaqdan keçirilmişdir.

Keywords: piksellə detektor; timepix; alfa zərrəcik; ²⁵²Cf spontan bölünmə mənbəyi; dE/dx enerji itkisi; dE/dx metodu; nüvə bölünmələri; nadir nüvə prosesləri

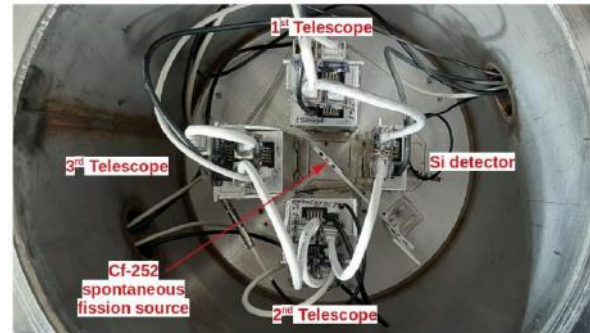
PACS:07.77-n; 07.77.-Ka; 29.40Wk; 85.30.-z; 85.30De

Nüvənin bölünmə proseslərinin intensiv tədqiq olunmasına baxmayaraq, hələ də tədqiq olunmamış və qismən öyrənilmiş proseslər qalmaqdadır. Bu proseslərə nadir nüvə prosesləri, eləcə də üçqat və dördqat bölünmə daxildir. Bu prosesləri daha yaxşı bilmək, bölünmə prosesinin dinamikasını və kinematikasını daha yaxşı öyrənməyə imkan yaradır. Üçqat bölünmədə iki əsas bölünmə məhsulları ilə birlikdə yüklü zərrəciklərin (əsasən uzun qaçış yoluna malik alfa zərrəciklər) buraxılması baş verir [1-3]. Dördqat bölünmədə isə əsas bölünmə fraqmentlərindən (ağır izotoplar) əlavə iki yüngül zərrəcik müstəqil olaraq çıxır [1-3]. Belə bölünmələrin ehtimalı aşağı olduğundan nadir nüvə bölünmələri proseslərinin öyrənilməsi üçün uzunmüddətli təcrübələr lazım gəlir. Lazımı məlumatlar əldə etmək üçün, güclü və sürətli qeyd etmə sistemlərindən istifadə olunmasına baxmayaraq, rəqəmsal məlumatların işlənməsi də fiziki təcrübələrin vacib hissəsidir. Təcrübə zamanı milyonlarla hadisə qeyd əlinə bilər ki, bu hadisələrdən vacib olanlarını filtrləmək üçün rəqəmsal məlumatların işlənməsindən istifadə olunur. Bu məlumatların işlənməsi mürəkkəb və vaxt aparan bir proses olduğundan, məlumatları məqbul zamanda işləyə biləcək proqramın hazırlanması çox vacibdir. Bunu nəzərə alaraq təcrübə məlumatlarının işlənməsi üçün proqram yazılmışdır.

EKSPERİMENTAL VƏ NƏZƏRİ HİSSƏ

Təcrübə qurğusunun real təsviri şəkil 1-də verilmişdir. Qeyd etmə sistemi 3 zərrəcik teleskopu və bir pad Si detektorundan ibarətdir. Yüklü zərrəciklər ΔE - E üsulu ilə təyin olunmuşdur. Teleskopda ΔE detektoru kimi 16 μm qalınlıqlı nazik PAD detektordan istifadə olunduğu halda, 600 μm qalınlıqlı Timepix detektoru [2-6] E detektoru kimi istifadə edilmişdir. Timepix detektorları TOT rejimində (bundan başqa TOA və

sayma rejimləri də mövcuddur) konfigurasiya edilib. Mənbədən əsas bölünmə hissəciklərini qeyd etmək üçün pad Si detektoru istifadə olunub. Si detektorunun sahəsi $10 \times 10 \text{ mm}^2$ və qalınlığı 300 μm -dir. Timepix detektorunu idarə etmək üçün FITPix COMBO [3-5] and ΔE detektoru üçün isə Spectrig modulundan istifadə edilmişdir. Timepix detektorunun piksel hissəsi Pixelman proqram təminatı vasitəsi ilə idarə olunur.



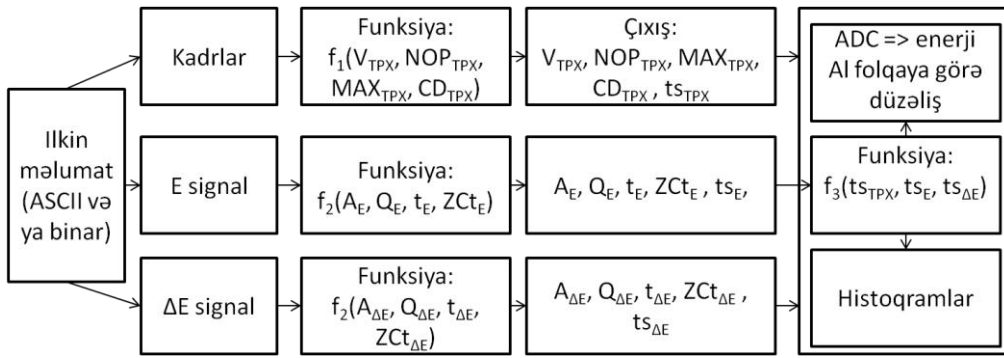
Şəkil 1. Təcrübə qurğusunun real təsviri.

Detektor sisteminin mərkəzinə yerləşdirilmiş Cf-252 radioaktiv mənbənin aktivliyi 10 kBq, diametri 3-5 mm-dir. Detektorları Cf-252 mənbəyinin alfa parçalanmadan yaranan alfa zərrəciklərdən (6.2 MeV) qorumaq üçün detektorların qarşısına qalınlığı 27 μm olan alüminium folqalar qoyulmuşdur. Beləliklə, detektorlar yalnız üçqat və dördqat bölünmədən çıxan yüklü zərrəcikləri qeyd etmişdir. Təcrübə 1 mBar təzyiq altında aparılmışdır. Təcrübə zamanı triqer sistemi elə qurulmuşdur ki, ΔE detektorlarından biri işləyəndə digərləri də eyni vaxtda işləsin. Məlumatların işlənilməsi bir neçə alqoritmdən ibarət olan proqram tərəfindən oflayn rejimində aparılmışdır. Şəkil 2-də məlumatların işlənməsi prosesinin sadələşdirilmiş blok diaqramı göstəril-

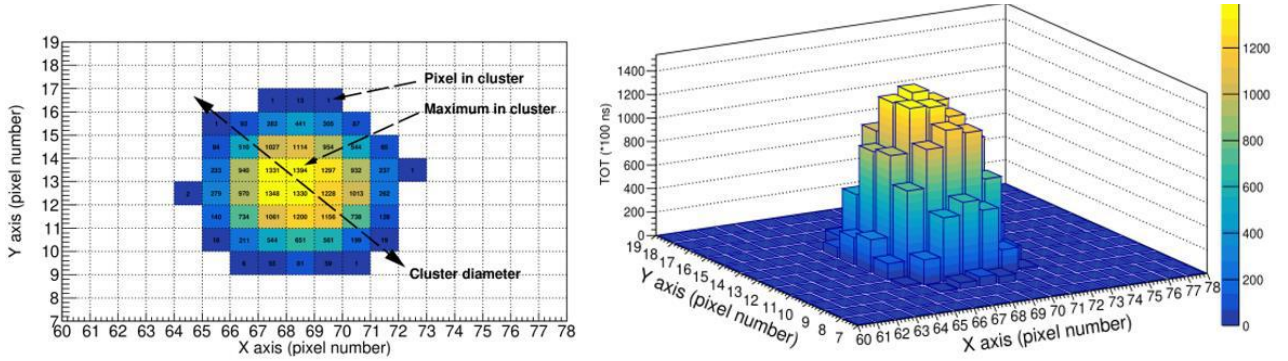
mişdir. 1-ci alqoritm kadrları oxumaqla Timepix detektorunun piksel hissəsindən məlumat alır. Detektorun piksel hissəsi zərrəciklərin detektorla qarşılıqlı təsirinə əsasən koordinant və zaman haqqında məlumat verməyə imkan verir.

Timepix 65536 sayda kvadrat pikseldən ibarət hibrid piksel detektor olduğundan, bir kadra fərqli zərrəciklərin düşmə ehtimalı yüksəkdir. Alqoritm hər kadri analiz edir və protondan başlayaraq zərrəcikləri ayırır. Yüklü zərrəciklər Timepix detektorunun piksel hissəsində təqribən simmetrik klasterlər yaratdığından alqoritm onları klasterin həcmi, klasterdəki piksel sayı, klasterdəki maksimum və klasterin diametrinə görə identifikasiya edir. Şəkil 3-də üçqat bölünmədə yaranan alfa zərrəciyin yaratdığı klasterin iki- və üçölçülü histoqramları verilmişdir. Klasterin ölçüsü dedikdə, klasterdə olan piksellərin sayı nəzərdə tutulur. Klas-

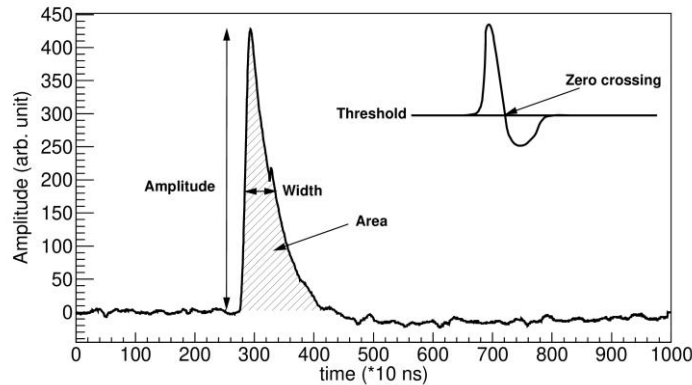
terin hündürlüyü (maksimumu), klasterdə ən çox yükün toplandığı mərkəzi pikselə deyilir. Klasterin həcmi dedikdə isə klasteri təşkil edən piksellərdə əmələ gələn siqnalların (piksellərin hündürlükləri) cəmi nəzərdə tutulur. Detektora perpendikulyar düşən ionlaşdırıcı şüalar enerjisinin çox hissəsini mərkəzi pikseldə itirir. İtirilən enerjiyə mütənasib əmələ gələn yüklər qonşu piksellərə yayılaraq mərkəzə nəzərən simmetrik klaster yaradırlar. 2-ci alqoritm E , ΔE və S_i detektorlarından alınan siqnalların rəqəmsal formalarını oxuyaraq analiz edir. Alqoritm siqnalları amplitudlarına, sahələrinə, sıfır nöqtəsi ilə kəsişmə vaxtlarına və eninə görə analiz edir. Bununla da qamma şüaların və sürətli elektronların yaratdığı siqnalları asanlıqla filtrləmək olur. Nümunə kimi siqnalın forması şəkil 4-də göstərilmişdir. Sinxronizasiya sistemindən istifadə edilməsinə baxmayaraq, hər hansı bir təcrübədə təsadüfi hadisələr mümkündür.



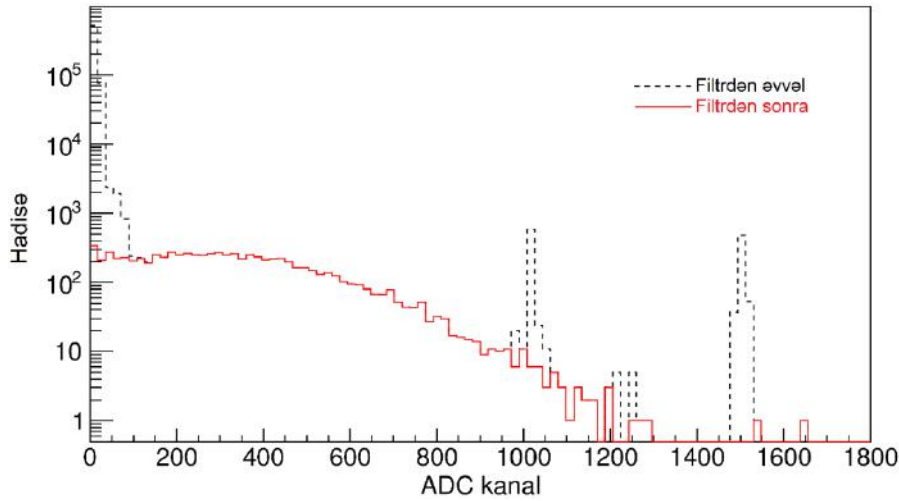
Şəkil 2. Proqramın blok sxemi



Şəkil 3. 3 qat bölünmədə yaranan alfa zərrəciyin TOT rejimində yaratdığı klasterin iki-(sol) və üçölçülü (sağ) Histoqramları



Şəkil 4. E detektorundan alınan siqnalın forması



Şəkil 5. E detektorundan alınan nəticələrin analizdən əvvəl və sonra histoqramları

Təsadüfi hadisələri mümkün qədər azaltmaq üçün 3-cü alqoritmədən istifadə edilmişdir. Bu alqoritm ilk iki alqoritmədən alınan nəticələri analiz edərək sıfır nöqtəsi ilə kəsişmə vaxtlarına və zamana görə uyğun hadisələri filtrləyir. Sıfır nöqtəsi ilə kəsişmə vaxtı təsadüfi hadisələri filtrləmək üçün lazımi məlumatları daşıyır. Təsadüfi hadisə halında siqnal sabit sıfır nöqtəsi ilə kəsişmə vaxtlarında görünür. Bu da təsadüfi hadisələri asanlıqla filtrləməyə imkan verir. Bu alqoritm bütün detektorlardan alınan nəticələri müqayisə edir və qısa müddət ərzində (10 ns) qeyd edilən belə hadisələri seçir. Şəkil 5-də E detektorundan alınan nəticələrin analizdən əvvəl və sonra histoqramları göstərilmişdir. Şəkilə, qırıq xətlərlə göstərilən təsadüfi hadisələr də daxil olmaqla, bütün hadisələrin histoqramı göstərilmişdir. Histoqramda küyün, qamma şüaların və neytronların yaratdığı hadisələr spektrin aşağı və yüksək kanallarında müşahidə olunur. Bütün bu hadisələr proqramda təsadüfi hadisələr kimi nəzərə alınmışdır. Düz xətlə histoqram isə filtdən sonra ayrılan lazımi hadisələrin histoqramıdır. Şəkilədən görüldüyü kimi, proqram təcrübədən alınan nəticələri effektiv şəkildə analiz edir və lazım olan hadisələri ayırır.

NƏTİCƏLƏR

Fiziki təcrübələrdə lazımi məlumatları əldə etmək

üçün güclü və sürətli qeyd sistemlərindən istifadə olunsa da, rəqəmsal məlumatların işlənməsi də təcrübələrin mühüm hissəsidir. Təcrübə zamanı çoxlu sayda hadisələr qeydə alına bilər ki, bu hadisələrdən lazım olanları filtdən keçirmək üçün rəqəmsal məlumatların işlənməsi metodundan istifadə olunur. C++ proqramlaşdırma dili əsasında yazılmış bu çox alqoritmli proqram ASCII və binar formatlarda böyük faylları analiz etməyə imkan verir. Proqramın işlənməsi ^{252}Cf spontan bölünmə mənbəyinin üçqat bölünmə prosesindən alınan nəticələri işləməklə sınaqdan keçirilmişdir. Proqramın hər bir alqoritmü uyğun detektordan alınan məlumatları məqbul zamanda analiz edir və lazımi nəticələri həm text fayl, həm də qrafik şəklində çıxışa verir: detektorlardan alınan nəticələrin əlaqəsi, zərrəciklərin detektorla qarşılıqlı təsirdə olma müddəti və koordinatı, enerjisi və tipi haqqında məlumat.

Aparılan işlər Azərbaycan Respublikasının Prezidenti yanında Elmin İnkişafı Fondunun № EIF—BGM-5-AZTURK-1/2018-2/01/1-M-01 nömrəli, SOCAR elm fondunun və Çex Respublikasının Birləşmiş Nüvə Tədqiqatları İnstitutundakı səlahiyyətli nümayəndəsinin grant layihələri çərçivəsində yerinə yetirilmişdir.

- [1] P.Jesinger, Y.N.Kopatch, M.Mutterer et al.. Eur. Phys. J. Instrument Incorporated, Feb.2002, [revised Jan. 2013].
- [2] G.S. Ahmadov, Y.N. Kopatch, Telezhnikov et al., Physics of Particles and Nuclei Letters, 2015, 12, 542-549.
- [3] M. Holik, G. Ahmadov, Berikov et al. Journal of Instrumentation, 2018, 13, C11019.
- [4] M. Holik, G. Ahmadov, J. Broulim et al. Journal of Instrumentation, 2019, 14, C06022.

- [5] Holik, M., Kraus, V., Georgiev, V., Granja, C., FITPix COMBO — Timepix detector with integrated analog signal spectrometric readout. Journal of Instrumentation (2016), 11, C02032
- [6] X.Llopert, R.Ballabriga, M.Campbell, L.Tlustosand W.Wong, Timepix, a 65k programmable pixel readout chip for arrival time, energy and/or photon counting measurements, Nucl.Instrum.Meth.A 581(2007) 485.

Q.S. ƏHMƏDOV

G.S. Ahmadov

A MULTI-ALGORITHMIC ANALYSIS PROGRAM FOR THE ANALYSIS OF THE RESULTS OF RARE FISSION PROCESSES

Rare fission mode processes (ternary or quaternary fission) of low-energy and spontaneous fission of heavy nuclei, in which light charged particles are emitted, are the subject of intense experimental and theoretical studies, since these studies can be attributed to one of the main sources of information on the mechanism of nuclear fission. To study these processes, a detection system has been assembled, consisting of three semiconductor $\Delta E-E$ telescopes and a silicon detector. In addition, the program has been developed for proceeding experimental data. This paper has been dedicated to the program written on the basis of ROOT software consisting of many scripts to analyze and/or filtrate ternary and quaternary fission particles among different fission events. The program can proceed long collected files in ASCII and binary formats, correlate results from all detectors, give results on particle interaction time, coordinates, particle energy and its types. The performance of the program has been tested to proceed ternary fission data from ^{252}Cf spontaneous fission source.

Г.С. Ахмедов

МУЛЬТИ-АЛГОРИТМИЧЕСКАЯ ПРОГРАММА ДЛЯ АНАЛИЗА РЕЗУЛЬТАТОВ РЕДКИХ ПРОЦЕССОВ ДЕЛЕНИЯ

Процессы редкого деления (тройное или четверное деление) низкоэнергетического и спонтанного деления тяжелых ядер, при которых испускаются легкие заряженные частицы, являются предметом интенсивных экспериментальных и теоретических исследований, поскольку эти исследования можно отнести к одному из основных источников информации о механизме деления ядер. Для изучения этих процессов собрана система детектирования, состоящая из трех полупроводниковых $\Delta E-E$ телескопов и кремниевого детектора. Кроме того, разработана программа обработки экспериментальных данных. Эта статья была посвящена программе, написанной на основе программного обеспечения ROOT, состоящей из множества скриптов для анализа и/или фильтрации тройных и четвертичных частиц деления среди различных событий деления. Программа может обрабатывать длинные собранные файлы в ASCII и бинарных форматах, сопоставлять результаты со всех детекторов, выдавать результаты по времени взаимодействия частиц, координатам, энергии частиц и их типам. Производительность программы была проверена для обработки данных о тройном делении от источника спонтанного деления ^{252}Cf .

Qəbul olunma tarixi: 16.05.2022