

**“НЕОФИТ РИЛСКИ” НОМИДАГИ
ЖАНУБИ-ШАРКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
ТАБИАТ-МАТЕМАТИКА ФАКУЛЬТЕТИ
ФИЗИКА КАФЕДРАСИ**

Д и п л о м и ш

Мавзу:

**Релятивистик ^{14}N ядросининг купламчи фрагментациясини
урганишда ядровий фотоэмульсия усулидан фойдаланиш**

Иш Юкори Энергиялар Лабораторияси да бажарилган
Бирлашган ядро тадқиқотлари институти, Дубна шаҳри

Дипломант:

Р. Ж. Станоева

Илмий раҳбар:

Физика-математика фанлари

НОМЗОДИ

П. И. Зарубин (БЯТИ)

Физика - математика фанлари доктори

Профессор

Й. Стаменов (ИЯИЯЭ БАН, София)

Дубна 2005 й.

Мундарижа

КиришОшибка! Закладка не определена.

1-булим . Фотоэмульсияда енгил ядроларнинг фрагментациясини кластерлашнинг долзарб муаммоси.....Ошибка! Закладка не определена.

1.1. Енгил ядроларни кластерлашнинг типлари**Ошибка! Закладка не определена.**

1.2. «Ок» юлдуз типигади ходисалар синфи 10

1.3. ^{12}C ва ^{16}O ядроси фрагментацияларида альфа кластерларнинг намоён бўлиши 11

1.4. ^6Li ва ^{10}B ядроси фрагментацияларида альфа-дейтрон кластерларининг намоён бўлиши..... 13

1.5. ^{14}N ядросининг кластерли эркинлик даражасини урганишни давом эттиришда кушни ядроларни урганишнинг долзарблиги..... 17

2 - булим. Фотоэмульсияда амалий масалалардан фойдаланиш.....20

2.1. БР-2 эмульсияси таркибида релятивистик ядроларнинг ноэластик узаро тукнашувларидаги утган масофаси.....**Ошибка! Закладка не определена.**

2.2. Эмульсияда зарядли заррачаларнинг ионизациясининг йуколиши ва треклар классификацияси. 23

2.3. Рельятивистик ядро зарядларининг эмульсияда аникланиши..... 25

2.4. Аникланган бирламчи ва иккиламчи трекларнинг бурчак характеристикалари. 28

2.5. Водород (p, d и t) ва гелий (^3He и ^4He) изотопларининг идентификациясини ва такрорий сочилишини импульс методида улчаш. 33

3-булим. Эмульсияда ^{14}N дастасининг нурланиши ва реакция махсулотлари характеристикасини улчаш.....37

3.1. Стопкаларда эмульсияли катламларни йигиш ва нурлантиришни утказиш. 37

3.2. Излардан ходиса излаш ва топилган ходиса тавсифи. 38

3.3. «Ок» юлдузда ядро-снаряд фрагментацияси махсулотларининг бурчак таксимоти..... 41

3.4. Бир зарядли релятивистик фрагментидан олинган импульс спектри ва «ок» юлдузда протон ва дейтроннинг узаро боғлиқликда чиқиши.....43

4-булим. Корреляцион характеристикаларнинг тахлили ва натижалар муҳокамаси.....46

4.1. Ядро-снаряд фрагменти кундаланг импульси спектрлари ва хар хил ядролар учун киёслаш..... 46

4.2. Релятивистик-инвариантли b_{ik} узгарувчида келтирилган маълумотлар...49

4.3. 3 альфа заррачанинг фрагмент гурухи массасининг инвариант спектри. 50

4.4. Юкори статистикада урганилган перспективалар ва дастлабки физик хулосалар.. 52

ХУЛОСА..... 54

АДАБИЁТЛАР РУЙХАТИ 56

КИРИШ

Хозирги вақтда ядро физикаси соҳасида юкори энергияли тезлаткичларда олиб борилаётган тадқиқотлар тараккиёти бу йуналишни замонавий микролам физикасининг тез ривожланаётган булимларидан бирига айлантирди. Релятивистик ядро-снарядлари фрагментацияларининг хосил булишини батафсил тадқиқ қилиш ядро-нишон парчаланишини классик экспериментлар билан такқослаш буйича муҳим афзаллик эга. Хусусий ҳолда, фрагментация маҳсулотларининг ишончли идентификацияси жуда кичик қийматли энергия-импульсларни узатилиши шароитида мумкин булган ядро структураларини урганиш имкониятини беради. Релятивистик ядро фрагментациялари хусусиятларини билиш қатор ядровий астрофизика ва космик нурлар физикаси муаммоларини ечишда ҳам муҳим аҳамиятга эга.

Юкори энергияли таъсирлашувларни тадқиқ қилиш жараёнида уникал имкониятга эга булган ядровий фотоэмульсия усули муҳим роль уйнайди. Жуда катта аниқлик даражаси (0.5 мкм) эвазига, ядровий эмульсияда бошланғич импульсга боглик ҳолда релятивистик фрагментлар излари учун бурчак қатталиги аниқлигини 10^{-5} рад гача олиш мумкин булади. Бу фрагментларда релятивистик ядроларнинг мумкин булган барча парчаланишларининг тулик қузатилишини таъминлайди. Масалан, 1 мм узунликда 4.5 А ГэВ/с импульсда $2 \cdot 10^{-3}$ рад атрофида конуссимон бурчак остида учиб чиқаётган жуфт излар сифатида ${}^8\text{Be} \rightarrow 2\alpha$ парчаланиш жараёни фаркланиб туради. 0.1 рад конуссимон бурчак остида учиб чиқувчи бир қанча релятивистик фрагментларда қупламчи парчаланишлар 1 мм гача масофада ажралиб туради, торрок ёки қуп қисмли парчаланишларда уларнинг узунлиги аниқлик даражаси қеракли микдоргача ошиши мумкин. Бундан ташқари эмульсиявий методика импульсларни улчаш ва заррачаларни идентификациялаш имконини беради. Шунинг учун эмульсиянинг юкори аниқлик даражаси ва 4π геометрияда реакцияларни

кузатиш имкониятлари эвазига айнан бу метод релятивистик фрагментация жараёнларини урганиш учун самарали усул сифатида курсатилади. Мазкур тадқиқотда бажарилган азот ядроси фрагментацияларини урганиш шуниси билан кизикарлики, тадқиқ килинган ядролар умумий тавсифлар каторини тулдиради (жадвал 2) ва купламчи ядро парчаланишлари хусусиятлари хақидаги янги маълумотлар манбаи булиб хизмат килиши мумкин.

Мазкур тадқиқотнинг максоди азот ядроси структуравий хоссалари хақидаги ядровий эмульсияда фрагментларда кузгалган холатдаги парчаланишларнинг юкори чегарасидаги эксперимент маълумотларини олишдан иборат. Мазкур ишда энгил ядро ^{14}N учун «Ок» юлдуз типидеги ходисаларда диссоциация каналлари буйича маълумотлар келтирилади. (1.2 га каранг). Кузатилган ядровий диссоциация каналлари муносабатлари хақидаги эксперимент маълумотлари ядровий фрагментация жараёнлари умумий конунийлиги ва бу ядро структураси билан боглик фрагментациялар хусусиятлари хақидаги тасаввурни беради.

Диплом иш куйидагича тузилган.

Биринчи бобда долзарб муаммо хисобланган фотоэмульсияда урганилаётган энгил ядролар фрагментацияларининг кластеризациясини урганиш келтирилган.

Иккинчи бобда фотоэмульсиядан амалий фойдаланиш усуллари келтирилган. Релятивистик ядроларнинг зарядларини аниклаш усуллари, изларнинг бурчак характеристикаларини ва ядро-снаряд фрагментлари идентификациясини аниклаш, тупланган ходисалар критерия маълумотлари ва треклар классификацияси урганилади.

Учинчи бобда ^{14}N дастасининг эмульсияда нурланиши курсатилган ва реакция махсулотлари характеристикалари улчанган.

Туртинчи бобда корреляцион характеристикали анализлар курсатилган. Бунда бу ишдаги экспериментал маълумотлар билан ^4He , ^6Li , ^{10}B ва ^{12}C ядроларининг узаро таъсирлашишидаги олинган маълумотлар солиштирилган.

Хулоса қисмида бу тадқиқотда олинган асосий натижалар келтирилган.

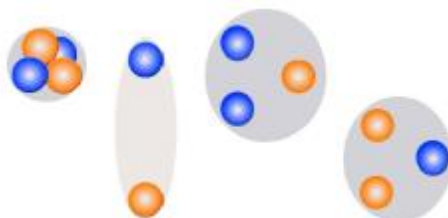
1-булим.

Фотоэмульсияда енгил ядроларнинг фрагментациясини кластерлашнинг долзарб муаммоси.

1.1. Енгил ядроларни кластерлашнинг типлари.

Релятивистик ядро оқимларини урганиш жараёни ядро тузилиши хақидаги долзарб муаммоларни ечишда янги йулларни очиб беради. Жамоалашган кузгалган ядроларнинг эркинлик даражасини урганишдаги Яна бир муаммо нуклонларнинг алоҳида группа холати яъни кластер тузилишидир. Келтирилган кузгалган ядро кластерланишининг узига хос тузилиши кластерли шакллари сони нисбатан катта булмаган енгил ядроларда яккол намоён булади.

Кластерлар. Хусусий кузгалган холатга эга булмаган табиий қисми бундай манзаралар камнуклонли тизим ҳисобланади. Аввал ҳамма ядролар протон ва нейтрон жуфтлигидан ташқари ${}^4\text{He}$, ${}^3\text{He}$ шунингдек дейтрон ва тритонлардан тузилган дейилган. Кузгалмас ва радиоактив ядроларнинг фрагментациявий жараёнларини урганишда нуклеосинтез жараёнларда релятивистик энергияли кластерли фрагментлар узига хос рол уйнайди.



1-расм. Кластерли структурлар: ${}^4\text{He}$, дейтрон, тритон ва ${}^3\text{He}$.

Енгил ядроларнинг ажралиши ходисаси характеристикасини фотоэмульсия методи билан текширганимизда ^{12}C (3α), ^{16}O (4α), Li ($\alpha+d$) ва ^{10}B ($2\alpha+d$) [13-15] ядролар нуклонига бир неча ГэВ энергиядан тугри келди. Олинган барча бу натижаларнинг нақадар ноёблиги, ишончлилиги ва фойдалилиги ядроларнинг мультифрагментациясини урганишни режалаштиришнинг юкори статистик таъминланганлигидадир. Асосий эътиборли ифодаси ^{22}Ne , ^{24}Mg , ^{28}Si ва ^{32}S ядроларнинг фрагментацияларини урганишда импульси 4,5 А ГэВ/с атрофидаги бир канча α -заррачалар йулини кузатганимизда охирги вазиятидадир.

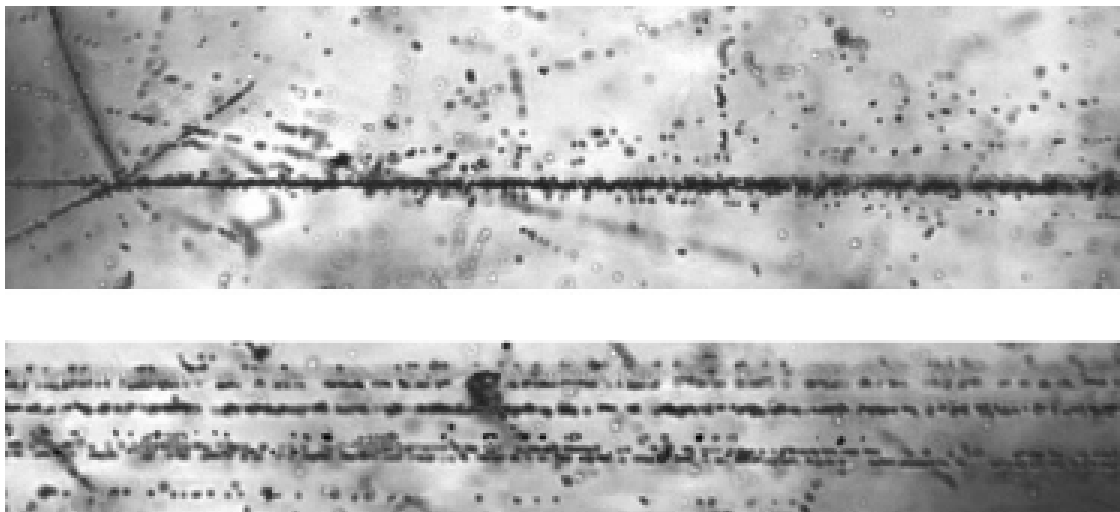
Айниқса, ютукли томони шундаки узаро таъсирлашувчи кластерли релятивистик ядроларни урганишда, минимал атрофдаги кузгалган ядроларни бир-бирига нисбатан тукнашиши руй берганда зарядли мезонлар пайдо булмаслигини курдик. Бу нишонга аниқ етиб борадиган булиниш импульсли ядро фрагментацияси снаряди махсулидир. Танлаб олинган бундай ходисаларда, яъни тор конуссимон бурчакда учиб келаётган ядро фрагментациясининг электр заряди ва масса сонининг сакланиши учун асосий критерия талаб килинади.

Намуна учун 2-расмда 4,5 А ГэВ/с импульсли кремний ядросининг мультифрагментациявий ходисаси танланган критерияли ходиса сифатида курсатилган. Асосий эътиборли ифодаси шундаки заряди йигиндиси $Z=13$ булган учаётган ядро фрагментациялари гурухи тор конуссимон бурчакда тартибли бир неча градусда жамланган.

Конуссимон бурчакнинг очилиш катталиги кундаланг Ферми импульсининг бирламчи ядро нуклонлари импульсига муносабатини аниқлайди.

Эмульсияли метод водород ва гелийнинг релятивистик изотоплари уларнинг массалари буйича зарралар импульсини куп марта кулон сочилиши

узули билан улчаш имкониятларини куллаган холда идентификациялаш имконини беради.



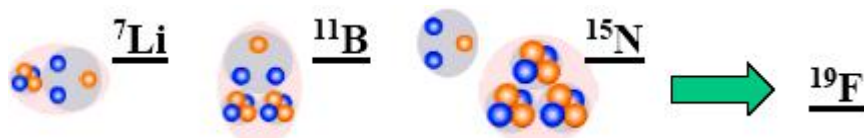
2-расм. Расмда энергияси 3,65 А ГэВ булган ^{28}Si ядроси фрагментациясининг фотоэмульсияда периферик узаро таъсирлашуви курсатилган. Юкоридаги расмдан куринадики: Кучли узаро таъсир, тор конусли бурчакда ядро-снаряд фрагментларининг ингичка окими, кенг конусда бир зарядли туртта заррачанинг биргаликдаги харакати ва ядро фрагментацияларининг тукнашиши маркази, катта бурчак остида учуши. Пастки расмда ядро-снаряд фрагментларининг ингичка изли йуналишининг силжисишиги караб 3 фрагментли Н ва 5 фрагментли Не га ажратиши мумкин. ^8Be ядросининг парчаланишига мувофик холда пастки расмда, заряди $Z=2$ булган жуфт фрагментларнинг жуда тор бурчакда (минимал бурчакда учаётган) бир хил интенсивли изи курсатилган.

ПАВИКОМ комплексидаги ФИАН автоматик микроскопии ёрдамида уч улчамли курунишдаги ходисаси ясси проекцияда кайта ишланган.

Хусусан таркалаётган α -заррачанинг ва етарли даражада сийрак дейтроннинг кластеризациясининг мукамал мухокаси бу булимнинг кейинги параграфида булади. Тритон ва ^3He кластерларда режалаштирилган тажрибаларни ва бажарилган ишларнинг сифатини улчашни тавсифлаймиз.

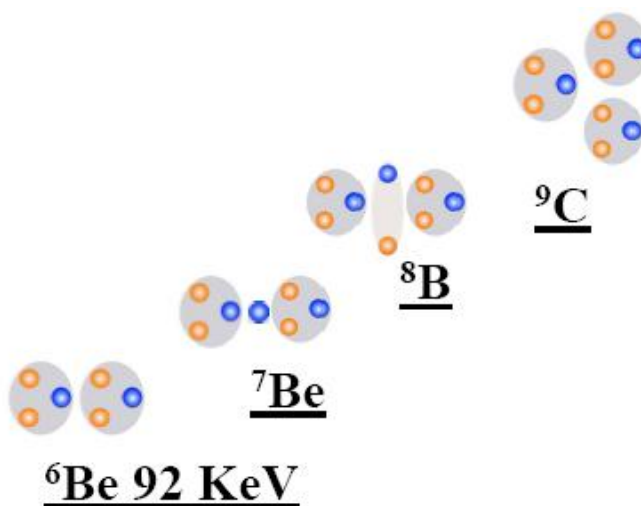
Тритон иштирокидаги кластеризация. Ядровий фотоэмульсияда топилган 1274 ноэластик узаро таъсирлашувдаги ^7Li ядросининг нурлантираётган дастасининг импульси 3.0 А ГэВ/с. 7 % атрофидаги барча ноэластик узаро таъсирлашувчи ^7Li ядроси периферик узаро таъсирлашишдан тузилган, кайсики факат релятивистик ядронинг

зарядланган фрагментларида сакланади. Бу ходисаларнинг ярми α -парчаланиш ва тритонларда булади (40 ходиса). α -заррачаларнинг парчаланиш сони дейтрон ва нейтрон – 30%, α -заррачада протон ва икки нейтрон – 20%. Изотоплар состави парчаланиш махсулоти курсатиб берадики алока структураси ${}^7\text{Li}$ ядроси куришиш кластери α -заррача ва тритон. Эътиборли томони имкон кадар ${}^{11}\text{B}$, ${}^{15}\text{N}$ ва ${}^{19}\text{F}$ элементларнинг диссацион ядроларида тритоннинг кластерли ролини изладик. (3-расм). Енгил ток-жуфт узгармас ядрога урганилаётган «Оқ» юлдузни куйидаги тасвирда ва тритонлар асосида куриш мумкин.



3-расм. Енгил ядроларда альфа – тритон кластеризацияси.

${}^3\text{He}$ иштирокидаги кластеризация. Кузгалган табиий енгил ядро ${}^3\text{He}$ элементи ядросининг кластерли манзарасида нейтроннинг танкислигини курамиз, худди шундай ${}^6\text{Be}$, ${}^7\text{Be}$, ${}^8\text{B}$, ${}^9\text{C}$, ${}^{10}\text{C}$, ${}^{11}\text{C}$, ${}^{12}\text{N}$, ва бошка огир ядроларда (4-расм).

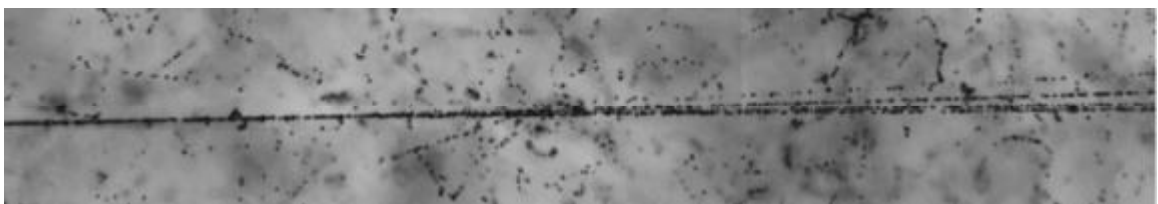


4-расм. ${}^3\text{He}$ – заррачали кластеризация.

Агар ^8Be , ^9Be , ^{10}B , ^{12}C , ^{14}N ядроларнинг α -кластерларини ^3He -кластерларига алмаштирсак, аналогик кластерли холатни олиш мумкин. ^8Be ядросининг хусусияти α - α -системасига якинлигидан ^6Be ^3He - ^3He – резонанс холатда кучсиз боғланганлигини курдик. Аналогия буйича ^9Be ядросидан ажралган ^7Be ядроси кузгалган n - ^6Be ва ^3He - n - ^3He , кушимча α - ^3He холатда булиши мумкин. Кизикарли ахамияти ^9C ядроси ^3He - ^3He - ^3He , ^{10}C ядроси α - ^3He - ^3He ва ^{11}C ядроси α - α - ^3He тузилишни намоён килишидир

1.2. «Ок» юлдуз типдаги ходисалар синфи.

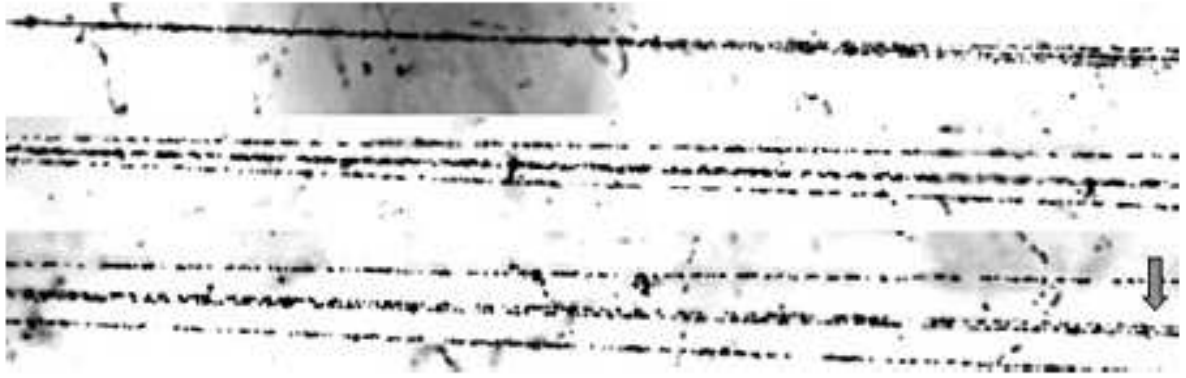
Ядро мультифрагментацияларини урганиш учун статистика йигишда кенг конуссимон бурчакда бир зарядли трекларнинг иштирокисиз хосил буладиган кайта тугилмайдиган зарралар ажратиб олинади. Коида буйича, бундай ходисаларда тор конуссимон бурчакли фрагментацияларда бошлангич ядро зарядининг тулик узатилиши руй беради. Излардан ва ядро нишони фрагментларидан таркиб топмаган ходисалар учун аникрок интерпретация таъминланади. Ядро фрагментацияси улар уз харакати билан минимал энергия беради. Бу типдаги курунишга оид ходисалар "Ок" юлдузлар деб номланади (5 ва 6-расмлар).



5-расм. Энергияси 2,1 А ГэВ булган ^{14}N ядроси фрагментациясининг эмульсияда ядронинг периферик узаро тукнашуви ходисаси тасвирланган. 1 фрагментли Н ва 3 фрагментли He ни силжиси йуналиши буйича ингичка фрагментидан ажратиши мумкин. ПАВИКОМ комплексдаги ФИАН автоматик микроскопи ёрдамида уч улчамлм курунишдаги ходисаси ясси проекцияда кайта ишланган.

Умумий микдорнинг бир канча фоиз кисмини ноэластик ходисалар ташкил этади. Ходисанинг факат ташки куруниши эмас номини акслантириш, хам ионизациядан утаётганда бирламчи ядро тор конусли

иккиламчи изда кескин камайиши ва изнинг йуколиши. (ходиса имкони борича Z марта). Дифракцион сочилишдаги периферик нишон ядросидан ва электромагнит узаро таъсирлашувчи виртуал фотон ядро нишонидан «Ок» юлдузнинг пайдо булиши келиб чиккан.

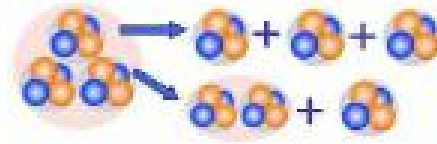


6-расм. Фотографияда энергияси 4.5 А ГэВ булган ^{16}O ядроси фрагментининг фотоэмульсиядаги периферик ўзаро тўқнашувларидаги ядронинг тўртта α -заррачаси ходисаси кўрсатилган. Юқоридаги фотографияда тор конусли бурчакда ўзаро тўқнашишларнинг энг юқори холати ва ингичка изи фрагментлари берилган. ^8Be ядроси парчаланишига тегишли силжishi бўйича йўналган ингичка изли фрагментлар 2 фрагментли He (пастки фотографияда) ва жуда тор бурчакли жуфт фрагментлар $Z=2$ га ажралиши мумкин.

Бу етарли даражадаги мураккаб тузилишли радиоактив ядрони жиддий равишда эмульсияда иккиламчи даста билан нурлантиришдир. Келгусидаги экспериментимизда глобал ўзига хос фрагментацияли оғир ядроларда периферик диссоциация жараёнларида танлаб олинган шароитда сақланган энергия оқимли конусда кучли фрагментациясида таърифланган «ок» юлдуз критериясидан хамкорликда фойдаланамиз.

1.3. ^{12}C ва ^{16}O ядроси фрагментацияларида альфа кластерларнинг намоён бўлиши.

Бу ишимизда «ок» юлдузлар $^{12}\text{C}^* \rightarrow 3\alpha$ 3.65 А ГэВ энергия билан ўрганилади [5-6] (7 ва 8-расмлар). Жумладан, кўрсатилган ўтилган ^8Be ядроси оралик канал вазифасини ва натижада тўғри мультифрагментация ўсиши учта α заррачага ўтишга системаларнинг бутун энергияси сарфланди.



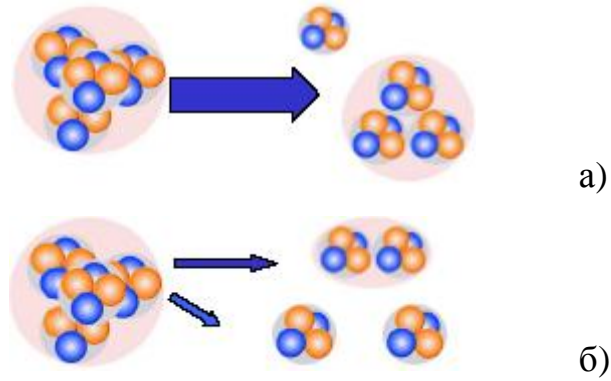
7-расм. $^{12}\text{C}^* \rightarrow 3\alpha$ ва $^{12}\text{C}^* \rightarrow {}^8\text{Be} + \alpha$ кластерланишлар

Бу ишда [4] кўндаланг импульсларнинг тақсимланиши ва бойитилган кўрғошинли эмульсияда корреляцион характеристикали релятивистик α -заррача реакцияга киришиб углерод ядросини импульси $p_0=4.5$ А ГэВ/с бўлган когерент учта α -заррачага ажралиши ўрганилади. Ўрнатилганда ўртача кўндаланг кесим учун диссоциация $^{12}\text{C}^* \rightarrow 3\alpha$ кучайтиради аралаштиради эмульсия Рв ядроси тахминан икки марта. $^{12}\text{C}^* \rightarrow 3\alpha$ кластерли парчаланишда маълум бўлган юлдуздаги « 3α жараён» қайтарилади. Бу ишда [16] статистик 2757 ноэластик ўзаро таъсирлашувларда бирорта ходиса иккилик парчаланиш биргина мумкин канал $^{12}\text{C}^* \rightarrow {}^6\text{Li} + {}^6\text{Li}$ орқали кузатилмади.



8-расм. Расмда энергияси 4.5 А ГэВ булган ^{12}C ядроси фрагментининг фотоэмульсиядаги периферик ўзаро тўқнашувларидаги ядронинг учта α -заррачага ажралиши ҳодисаси кўрсатилган. Юқоридаги фотографияда тор конусли бурчакда ўзаро тўқнашишларнинг энг юқори ҳолати ва ингичка изи фрагментлари берилган. Тегшили силжиш бўйича йўналган ингичка изли фрагментларни (пастки расмда) Не нинг 3 та фрагментларига ажратилиши мумкин.

Бу ишда [8] «ок» юлдузлар $^{16}\text{O} \rightarrow 4\alpha$ юқори савияли статистикаларда (641 ходиса) ўрганилди. (6-расм). Анализда бурчакли ўзаро боғлана олмаган кўрсатма етказиш система фрагментининг бурчак momenti, шундай кам ахамиятли роль енгил парчаланиш ^8Be ва $^{12}\text{C}^*$ орқали. (9 ва 10-расмлар).



9-расм. ^{16}O нинг кластерланиши: а) $^{16}\text{O}^* \rightarrow ^{12}\text{C} + \alpha$
 б) $^{16}\text{O}^* \rightarrow ^8\text{Be} + 2\alpha$

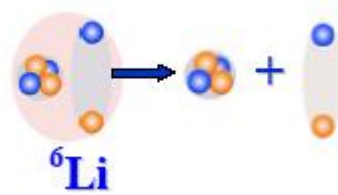


Рис. 10. Расмда энергияси 4.5 А ГэВ бўлган ^{16}O ядросининг периферик ўзаро тўқнашувда симметрик бўлмаган иккига бўлиниши кўрсатилган. Юқоридаги расмда ўзаро тўқнашишларнинг энг юқори холати ва тор конусли бурчакда ингичка изли фрагменти кўрсатилган. Тегишли силжиси бўйича йўналган ингичка изли фрагментни (пастки расмда) 1 фрагментли С ва 1 фрагментли Не га ажратиши мумкин.

1.4. ^6Li ва ^{10}B ядроси фрагментацияларида альфа-дейтрон кластерларининг намоён бўлиши.

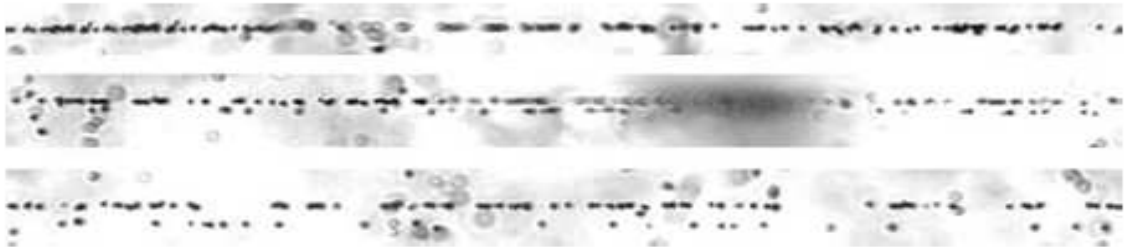
^6Li ядросининг камдан-кам учрайдиган хусусиятидан ва амалиётда кўп фойдаланиши яхши маълум [20]. ^6Li ядросининг радиуси анча ката ($r_0 \approx 1.6$ фм), белгиланган юқори импульси $\sigma_0(r_0) = 70$ МэВ/с. ^6Li ядросининг

зарядланган фрагменти фақат водород ва гелийнинг изотопларида бўлиши мумкин (11 ва 12-расмлар).



11-расм. ${}^6\text{Li} \rightarrow \alpha + d$ кластерланиши

Релятивистик ядро фрагментациясида келтирилган водород ва гелийнинг деярли мазмуни, қизиқарлилиги фақат ядро физикаси учун эмас, балки астрофизика, космик нурлар физикаси учун ҳамдир. Экспериментда [9-10] эмульсияда ${}^6\text{Li}$ релятивистик ядросининг ўзига хос фрагментациясини ўрганишда ρ ва Z заррачанинг зарядини ўлчаш натижасида изотоплар классификацияси ишлаб чиқилди, фотоэмульсияда зарядланган заррачаларнинг кулон сочилиши кўплаб марта баҳолашга ўлчанди.



12-расм. Расмдаги ҳодисада 4.5 А ГэВ энергияли ${}^6\text{Li}$ ядроси фрагментациясининг эмульсиядаги ядрога периферик ўзаро тўқнашувларида ҳосил бўлган Н ва He фрагментлари кўрсатилган. Юқоридаги расмда ${}^6\text{Li}$ ядросининг бирламчи парчаланишидаги жуфт фрагментларнинг жуда яқин бурчакдалиги кўрсатилган. Пастки расмда тегишли силжиш бўйича йўналган ингичка изли фрагментни бир зарядли ва икки зарядли фрагментларга ажралиш мумкин.

Бу экспериментда [11] биринчи кизиктирган узига хослиги ${}^6\text{Li}$ ядроси аниқланган учлик группанинг уртача югуриш йулининг кескин камайишини кутилган натижа билан солиштиришдир. Олинган натижа тез ядро массаси $A=11$ га тенглиги билан мувофиқлигидир. Бу ${}^6\text{Li}$ ядроси нуклонларининг катта радиусда узгача сочилишини тасдиқлайди. Маълум далилларга таянган келишувга асосан, таққиланган геометрик моделдан фойдаланганда унинг натижаси $2,7 \pm 0,1$ фм дек баҳоланган эди.

${}^6\text{Li}$ ядросининг бошқалардан ажратиб турадиган узига хос хусусияти куплаб сочилувчи треклар ёрдамида анализда олинишидир. Биринчидан, релятивистик дейтронларнинг узгача қуринишдаги юқори чиқиши. Кейинги таҳлил ${}^3\text{He}$, ${}^4\text{He}$ ядроларини камраб олди. Бундан қуринадики, ${}^6\text{Li}$ ядросининг фрагментацияси ${}^3\text{He}$ ва тритоннинг кластер формаси тартибда кучсиз, ундан α -заррача ва дейтроннинг структуравий шаклланиши яхшироқ. Бунинг изохи α -заррача ва дейтрон кластерининг кучсиз боғланган қайтарувчи структурасидан дейтрон кучли чиқади.

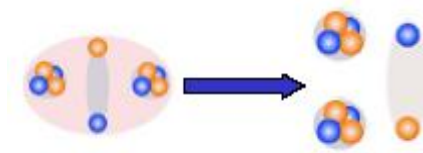
${}^6\text{Li} \rightarrow \alpha$ фрагментацияси йуналишида α -заррачанинг уртача кундаланг импульси қиймати камайишидан дарак беради. Маълумки, бу қийматга тенг $\langle p_{\tau}^{\alpha} \rangle = 0,13 \pm 0,1$ ГэВ/с импульс билан эмульсияда ${}^4\text{He}$ ва ${}^{12}\text{C}$ ядроси узаро таъсирлашишади. Яна битта курсатмада ${}^6\text{Li}$ ядросининг катта улчамлиги ноаниқлик руҳидаги муносабатда эканлигини бу факт курсатади.

Ноёб 31 та ходисада когерент диссоциацияли ${}^6\text{Li}$ ядросини кузгалган ядро нишонидан кузатилмаганлигини қуриш мумкин. $d+d+d$ диссоциация каналига мос келмаган уртача 23 та ходиса $\alpha+d$, $4-{}^3\text{He}+t$, $4-t+d+p$ диссоциация каналига мос келади. Айниқса, очик-ойдин қуришиб турган қуринишда бу топология ${}^6\text{Li}$ нинг кластерли структурали эканлигини

намойиш килди. Купрок тулик кайта ишланган кинематика эвазига $T=0$ спинли ${}^6\text{Li}$ 2,19, 4,31 МэВ ядро кузгалиши даражасини тиклаш мумкин булди. Аксинча, 3,56 МэВ кийматда кабул килган $T=1$ изоспин $\alpha+d$ системаларда $T=0$ изоспинга айланади.

Мухокамада урганилаётган ${}^6\text{Li}$ ядроси курсатма буйича фотоэмульсияда заряд алмашиниш жараёнида ${}^6\text{Li} \rightarrow {}^6\text{He}$ ядросига айланиш эхтимоллиги юкоридир [2], [3]. Кутилаётган зарядланган мезоннинг кандай тугилиши кузатиб борилди. Бу натижа 1999 йил БЯТИ даги синхрофазотронда нурлантирилган эмульсияда кайта шаклланган тритий ва ${}^6\text{He}$ ядро дасталарининг тезлаштирилган экспериментида олинган. Олинган кисм ${}^6\text{He}$ ядроси дастаси 0,01 атрофидаги катталиқда тузилган. Заряди 2 га тенг булган заррачалар нурлантирилган эмульсияда визуал анализда ажралиб туради.

Урганиш давомида урганишга куйилган ${}^{10}\text{B}$ нинг ток-ток ядросида дейтронларнинг парчаланишлари жуфт-жуфт енгил ядроларнинг диссоциациявий мультифрагментациясида факат α -заррачалар хиссасига тугри келди [13-15]. «Ок» юлдуз топологияси энергияси 1,0 А ГэВ атрофида булган ${}^{10}\text{B}$ ядроси учун урганилди. $2+2+1$ зарядли топология ходисаларида ${}^{10}\text{B}^* \rightarrow d\alpha\alpha$ парчаланишдаги уртача хиссаси 40 % ни ташкил килди (13-расм). ${}^{10}\text{B}^* \rightarrow d{}^8\text{Be}^{(*)} \rightarrow d\alpha\alpha$ йуналишдаги хиссаси $18 \pm 3\%$ кийматда бахоланди. Баркарор булмаган ${}^9\text{B}$ ядросининг парчаланиши худди шундай топологик ходисалиги асосий манбада курсатилмади. Бу шундан далолат берадики кичик эхтимолликдаги $4+1$ топологияли ${}^{10}\text{B}^* \rightarrow p{}^9\text{Be}$ хамда ${}^{10}\text{B} \rightarrow p{}^8\text{Be}$ парчаланишда ${}^8\text{Be}$ нинг хиссаси унчалик катта эмас. $2+2+1$ конфигурация «Ок» юлдузнинг тугридан-тугри учламчи сочилишида асосий хал килувчи рол эканлиги хакида хулоса чикариш мумкин. Шундай куриниш, ${}^{10}\text{B}^* \rightarrow d\alpha\alpha$ парчаланиш топологиясига ухшаш ${}^{12}\text{C}^* \rightarrow 3\alpha$ парчаланишда аникланган.

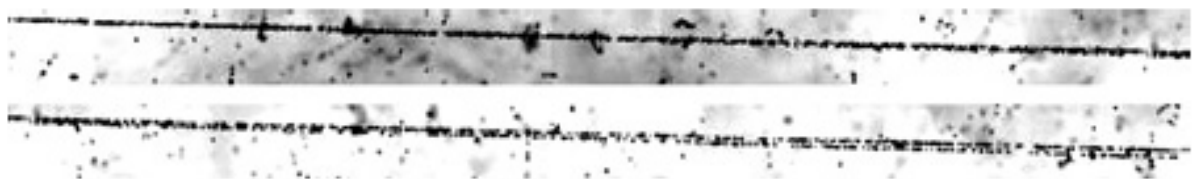


13-расм. $^{10}\text{B} \rightarrow 2\alpha + d$ когерентли диссоциация

(He + d)/(He + p) ≈ 1 курунишда ^6Li ядро фрагментацияси узаро боғланишли каналда (2He + d)/(2He + p) ≈ 1 ухшашликда булган. Шунингдек, дейтронли кластеризацияда курунадики агарда ^6Li ядро фрагментацияси $\langle p_t^d \rangle = 0,13 \pm 0,02$ ГэВ/с булса, бу ходисаларда дейтроннинг уртача кичик кийматли уртача кундаланг импульси $\langle p_t^d \rangle = 0,14 \pm 0,01$ ГэВ/с булади.



14-расм. Энергияси 1 А ГэВ булган ^{10}B ядро фрагментациясининг 2 фрагмент He ва 1 фрагмент H га ажралиш ходисаси.

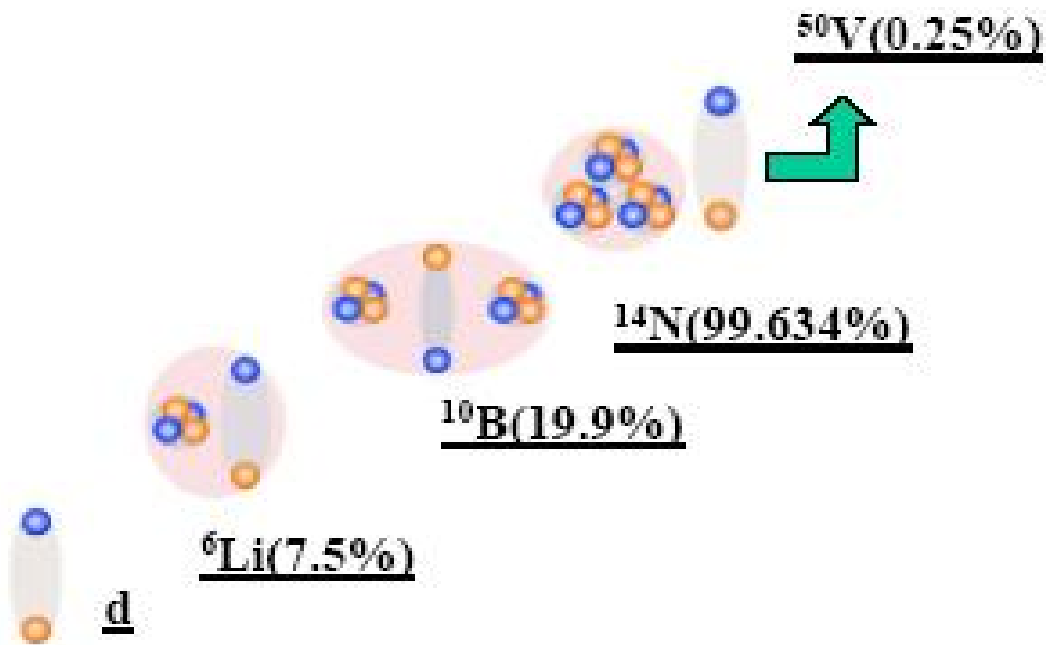


15-расм. Энергияси 1 А ГэВ булган ^{10}B ядро фрагментациясининг Li (юкоридаги) ва He (пастки) фрагментларига ажралиш ходисаси курсатилган.

Шундай куруниш, $^{10}\text{B}^* \rightarrow d\alpha\alpha$ парчаланиш топологиясига ухшаш $^{12}\text{C}^* \rightarrow 3\alpha$ парчаланишда аникланган.

1.5. ^{14}N ядросининг кластерли эркинлик даражасини урганишни давом эттиришда кушни ядроларни урганишнинг долзарблиги

Кизикарли жихати учламчи заррачаларнинг парчаланишида $^{10}\text{B}^* \rightarrow d\alpha\alpha$, $^{12}\text{C}^* \rightarrow 3\alpha$ хамда $^{16}\text{O}^* \rightarrow 4\alpha$ учун урнатилган ва кенгайтирилган жараёнда ядронинг кластерланишида дейтронларнинг катнашиши (16-расм). ^6Li , ^{10}B ва ^{14}N ядроларига тегишли булган сийрак синфли ток-ток кузгалмас ядроларда дейтронлар кайд килинди. Шунинг учун кизикарли жихати ^{14}N релятивистик ядро фрагментациясида дейтронли кластеризациянинг мавжудлигининг аникланишидир. Бу учун нурлантирилган эмульсияда ^{14}N ядроси 2.1 А ГэВ энергияда амалга оширилди. Асосий максад «ок» юлдуз ^{14}N нинг холатини урганишдир.



16-расм. Енгил ядролар учун дейтрон – альфа кластеризацияси.

2-булим. Фотоэмульсияда амалий масалалардан фойдаланиш

2.1. БР-2 эмульсияси таркибида релятивистик ядроларнинг ноэластик узаро тукнашувларидаги утган масофаси.

Ядро ва заррачаларнинг юкори энергияли ядрода узаро тукнашувларини фотоэмульсия методи ёрдамида урганишда олинган катта хажмли обзорли маълумотлар юкори даражада ишончли ва мукамалдир.

Ядровий фотоэмульсия усули ядровий реакцияларнинг хусусияти хакидаги маълумотларни бевосита олишга имкон беради: маълум кийматли ва табиатда бор ядронинг парчаланишидан зарядланган заррачаларнинг бурчак буйича ва энергетик таксимланиши, тукнашувда ядро энергия, импульс ва бошка таъсирларини узатиши бу шу кадар богликдир.

Эмульсиянинг органик асоси ва ёруклик сезувчи таркибий кисми мураккаб химиявий таркибдан тузилган. Бундай амалий ахамиятга эга булган юкори концентрацияли атомлар Ag, Br, H, C, N, O дир. Мураккаб тузилишли эмульсияда айнан бир-бирига ухшаш ядролар нишони учун узаро таъсирлашувчи заррачалар дастаси жиддий кийинчилик курсатади. Бундай алокадорликдаги хамма кабул килинган жами кузатилган ходисалар куйидагича ажратилади:

- Узаро таъсирлашувчи огир ядролар (Ag, Br) нинг уртача характеристикасидан $\langle A \rangle_{Ag,Br} = 94$ и $\langle Z \rangle_{Ag,Br} = 41$;
- Узаро таъсирлашувчи енгил ядролар (C, N, O) нинг уртача характеристикасидан $\langle A \rangle_{C,N,O} = 14$ и $\langle Z \rangle_{C,N,O} = 7$;
- Узаро таъсирлашувчи водород (H) ядроси характеристикасидан $\langle A \rangle_H = 1$ и $\langle Z \rangle_H = 1$;

умумий кабул килинган критерияга улар таксимланиб утказилади (2, 3).

Асосий фойдаланидиган ядроли фотоэмульсиялардан яна бири БР-2 типли эмульсияда ёнма-ён релятивистик бир зарядли заррачалар ва дающих минимум ионизацияли ажралишгача сезгирлигини таъминлайди. Биз урганиш учун куллаган ядровий эмульсиянинг асосий характеристикалари 1-жадвалда келтирилган:

Элемент	Z	10^{22} атом/см ³
<i>Кумуш / Ag</i>	47	1.02
<i>Бром / Br</i>	35	1.01
<i>Йод / I</i>	53	0.006
<i>Углерод / C</i>	6	1.39
<i>Водород / H</i>	1	3.19
<i>Кислород / O</i>	8	0.94
<i>Олтингугурт / S</i>	16	0.014
<i>Азот / N</i>	14	0.32

1-жадвал. Адабиётларда келтирилган маълумотлар, ҳисоблашлар бўйича таркиби ва бир канча параметрлар БР-2 ядроли фотоэмульсияда деярли деярли намлик 58 %

Охирги йилларда асосий типли БР-2 типли эмульсиядан ташкари яна концентрацияси камайтирилган AgBr (суюлтирилган) ядросидан ва дон (майда донали) улчамидай кичрайтирилган модификациясидан кенг фойдаланилди. Эмульсияга кушилган аниқланган ашёлар бир канча ядро реакцияларини ажратиш хусусияти ута сезувчанликда бажарди. Танланган типли эмульсияга боғлиқ мулжалга тадбик килинди. Эмульсиянинг сезувчанлиги керакли даражада каттаки, заррачаларнинг изини кайд килиш учун дончаларнинг зичлиги таъминлаб беради. Ортикча сезгирликнинг шу қадар катталигини дончаларнинг зичлигидан куриш мумкин, алохида дончаларнинг туришидан куриб булмайди ва иложи йук булади.

Зарядланган заррачалар фотоэмульсияда харакатланганда узаро тукнашувчи атомлар ҳисобланган тормозланишни сезади.

Натижада, заррачаларнинг энергиясининг камайиши, уз навбатида, ионизация кобилиятининг камайишига олиб келди. Заррачалар трекида колдирилган энергия ёки табиатдаги заррачалар хакидаги маълумотларни олиш мумкин. Заррача изининг узунлиги L масофани курсатади, узунасига улчанган траектория охирги куринган дончагача изларда пайдо булган нукталардир, хакикий заррачаларнинг югуриш йулидан етарли даражадаги юкори аникликда улчашга имкон беради.

Бизнинг тажрибамизда урганилаётган эмульсия таркибига кирувчи ^{14}N элемент ядросида кайд килинган узаро тукнашувлар сони $N=540$ та, караб чикилган изларнинг умумий узунлиги $L=70,4$ м. Шундай куриниш, эмульсияда ^{14}N ядросининг уртача эркин югуриш йули $\lambda_N = 13,04 \pm 0.56$ см ни ташкил килди. (2-жадвал)

Уртача эркин югуриш йули куйидагича аникланади:

$$\lambda = L / N, \quad (1)$$

$$\pm \Delta\lambda = \frac{L}{\sqrt{N}}, \quad (2)$$

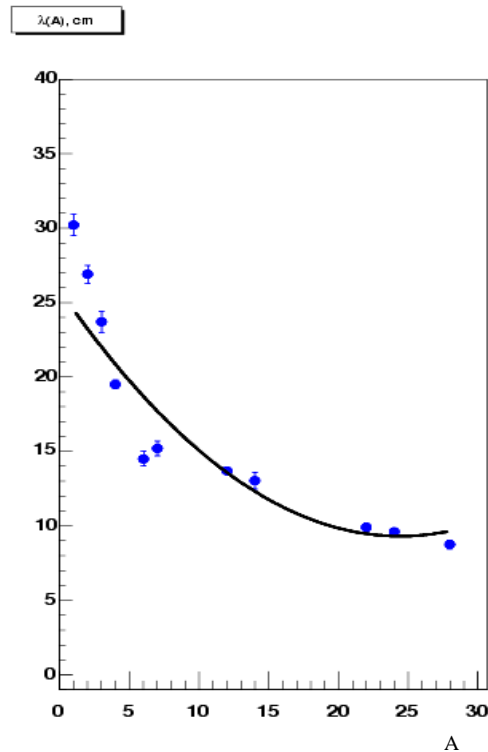
Бу формулада L – умумий узунлик, N – узаро таъсирлашишлар сони, $\pm \Delta\lambda$ – статистистик хатолик.

2-жадвал. Ядровий фотоэмульсияда узаро таъсирлашувчи ядролар учун уртача эркин югуриш йули λ келтирилган.

Ядро-снаряд	Нуклон импульси, ГэВ/с	λ экспериментдаги, см	Адабиётлар
P	4.5	30.2 ± 0.7	[28]
^2H	9.4	26.9 ± 0.6	[11]
^3He	2.67	23.7 ± 0.7	[12]
^4He	4.5	19.5 ± 0.3	[17]
^6Li	4.5	14.1 ± 0.4	[11]
^{12}C	4.5	13.7 ± 0.5	[18]
^{14}N	2.9	13.04 ± 0.6	Хозирги ишда
^{16}O	4.5	13.0 ± 0.5	[19]

Анна шундай аппроксимация масса сонли ядро-снарядларини кенг интервалдаги тажрибада олинган маълумотларни коникарли таърифлайди.

Ана шундай келишилган моделдаги тажрибавий $\lambda_N = 13,04 \pm 0,56$ см киймат масса микдори $A=14$ булган ядро учун мос келиши 17-расмда аниқ куринади.



17-расм. Ноэластик узаро таъсирлашувчи ядровий эмульсиялар учун номустакил маълум бир массали ядронинг учиб утгандаги уртача эркин югуриши йули λ тасвирланган.

2.2. Эмульсияда зарядли заррачаларнинг ионизациясининг йуқолиши ва треклар классификацияси.

Ядровий эмульсияда колган зарядли заррачалар энергиясини атомда харакатланувчи заррачаларга узатади натижада ёругликни сезувчи кисмида дончали излар ясайди.

Зарядланган заррачалар хохлаган материалъной средеда харакатланади, катнашаётган ораликда узаро таъсирлашувчи атом ва ядро полясида, улардан кайси бири оркали утади: эмульсияда хар бир заррача изи сакланади

ва худди шундай бу узаро таъсирлашишлар куринишида хам «ёзиб» куйилади. Изларнинг характеристикаси заррачаларнинг турига ва унинг тезлигига боғлиқ. Мадомики бу характеристикалар заррачаларнинг пайдо булиши мумкин булган идентификациясини улчаш мумкин.

Качонки ядровий узаро таъсирлашишда заррачаларнинг учишида сезиларли даражада энергия ажралса, зарядли заррачаларнинг тухташи сабабли энергия ионизацияга сарфланади ва заррачанинг уртача югуриш йули билан E_p энергия тенг булади:

$$I = \int_0^{E_p} - \frac{dE}{dE/dx} \text{см}, \quad (3)$$

бу ерда узаро боғланиш учун ионизацияга сарфланган уртача энергия заррача заряди z учун ва тезлиги $v = \beta c$ куйидагича куринишда булади:

$$-\frac{dE}{dx} = \frac{4pN_e z^2 e^4}{m_e u^2} \left[\ln \frac{2m_e u^2}{I_{em}(1-b^2)} - \beta^2 - \sum_i C_i - \delta \right] \frac{Mэв}{\text{см}}, \quad (4)$$

бунда $N_e = \sum_i N_i Z_i$ ва $N_e \ln I_{em} = \sum_i N_i Z_i \ln I_i$,

а N_i – плотность в эмульсии атомов с порядковым номером Z_i и ионизационным потенциалом I_i ;

$\sum_i C_i$ - кичик хад, хисобга олган холда кучли алокадаги электронлар

заррачаларнинг харакатини пасайтирувчи жараёнларда катнашмайди;

δ – катта булмаган тулдирувчи, уртача таъсир этиш зичлиги.

Изнинг зичлиги яна ионизацияга сарфланган энергияга бевосита боғлиқ, лекин пайдо булган узун донли излар факат ионизациясини тулик йукотган кисмдан утади. Атомнинг электрони узининг тармокланган изини ясайди, бу бирга катнашишда пайдо булган биринчи из булиб, бу из δ -электрон дейилади. Кандайдир зичликдаги донли узун изни ва шундай зичликдаги δ -электронни улчаб билиш мумкин.

Фотоэмульсиявий экспериментда тахлил килинган маълумотлар заррачаларнинг келгуси классификациясида фойдаланилади. Барча иккиламчи зарядланган заррачалар β тезликда бир-бирига боғлиқ булган 3 та синфга булинади, кайсики ионизацияси ёки югуриш йули куйидагича аникланади:

релятивистик ёки s-заррачалар (ионизация $J < 1.4J_0$, бунда J_0 -бир зарядли релятивистик заррача изининг ионизацияси);

кулранг ёки g-заррачалар ($J \geq 1.4J_0$, колдик югуриш йули ≥ 3000 мкм);

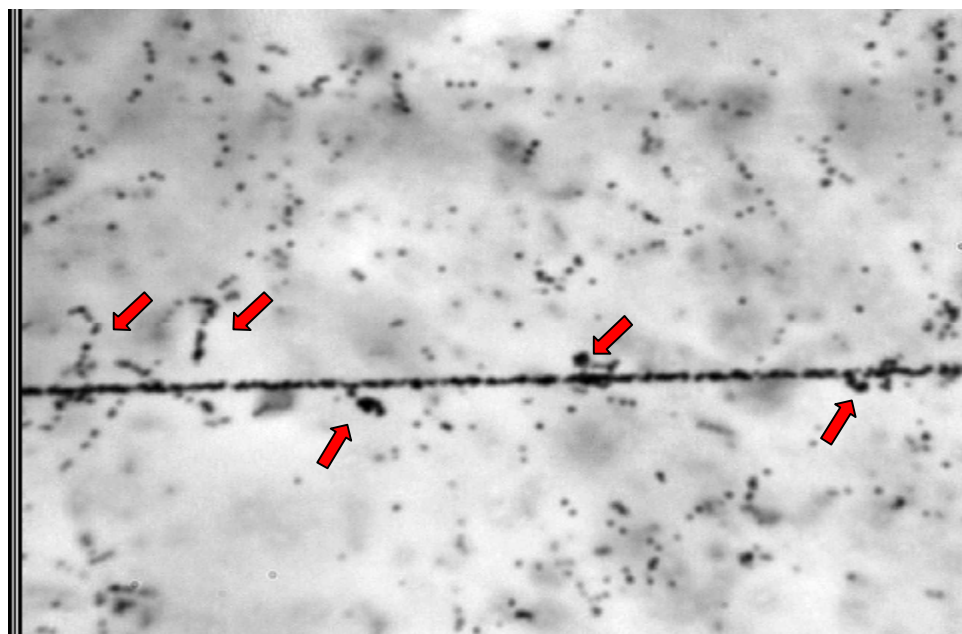
кора ёки b-заррачалар (колдик югуриш йули ≤ 3000 мкм.).

Кора ва кулранг изли заррачалар **h-заррачалар** группасига бирлашади (нишондаги барча гурух фрагментлари, g- ва b- заррачаларни ҳам кушиб ҳисоблаганда, яъни $N_h = N_b + N_g$).

Релятивистик заррача излари кулранг заррачалардан ажралиб туради яъни урганаётган изда дончалар дона-дона ҳисоблаш учун қулай ҳолатда ва ва изда бирламчи заррачалар булади (эмульсияда, аммо чуқурликда). Кора излар заррачаларнинг колдик югуриш йулининг узунлигидан ($R_b \leq 3000$ мкм.) кулранг заррачалардан ажралиб туради. Юкори муфассалликдаги ҳал этилган эмульсия яна ядра отдачи ва δ -электронларни кайд қилди.

2.3. Рельятивистик ядро зарядларининг эмульсияда аникланиши.

Қуп зарядли фрагментлар учун зарядларнинг аникланиши, образующихся при развале ядра – снаряда, фотоэмульсияда узаро таъсирлашувчи ядролар, биз δ -электронларни (N_δ) ҳисоблаш методидан узунлик бирлигидаги трекларни урганишда фойдаланамиз [23].



18-расм. Расмда ^{14}N ядроси учун бирламчи трек курсатилган.

δ -электроннинг жойлашиши холати стрелка билан курсатилган.

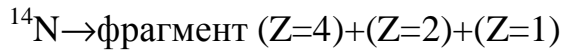
Ядровий фотоэмульсия турли хил шартларда активлик курсатиши мумкин булганлиги сабабли, хар хил пластинкадаги трекда колдирилган заррача бир ва уша улчамдаги заряд N_δ бир канча сонда ажралиб туриши мумкин. Хаттоки бир ва бошка пластинкада N_δ микдор бирламчи заррачалар учун турлича чукурликда ётган булади, бир нечтага ажралиб туриши мумкин. Шу сабабли, фрагмент зарядларини аниклашни бошлашда биз тугри келадиган калибровкадан хисоблаймиз. бу N_δ ни санаш олдиндан таниш маълум зарядли колдирилган заррача треки учундир. БР-2 фотоэмульсияда бирорта нурланиб булган даста ва идентификацияланган енгил α – заррачалар ($Z=2$)ни куз (микроскоп оркали) билан куриш мумкин, бизнинг ходисада – бу азот ядросидир. Мухим амалий кулай ходиса курсатадики урганилаётган типда зарядларнинг талаб даражасида сакланиши, алохида треклар ^{14}N аралашмасида етарли даражада енгил ядроларнинг масса заряди билан якиндан богланишда булишига имкон беради. Иккитага ажралган δ -электронлар сонини (18-расм) саналаётгандаги урганилаётган трек узунлиги 100 мкм ва N_δ сифати уртача катталиқда булади. Биламизки N_δ учун $Z=2$ ва 7, бошка катталиқдаги зарядлар учун кузланган N_δ осон хисобланади. Яримэмпирик алока: узунлик бирлигидаги δ -

электронлар сони (δ -электрон зичлиги) – заряд куйидаги курунишда ёзиш мумкин:

$$N_d = aZ^2 + b, \quad (5)$$

бунда N_δ - узунлик бирлигидаги релятивистик зарраларнинг изларидаги δ -электронлар сони, Z – ядронинг электр заряди.

Мавжуд булган статистикадаги кандайдир «ок» юлдузлар, куйидаги тармок буйича булинади:

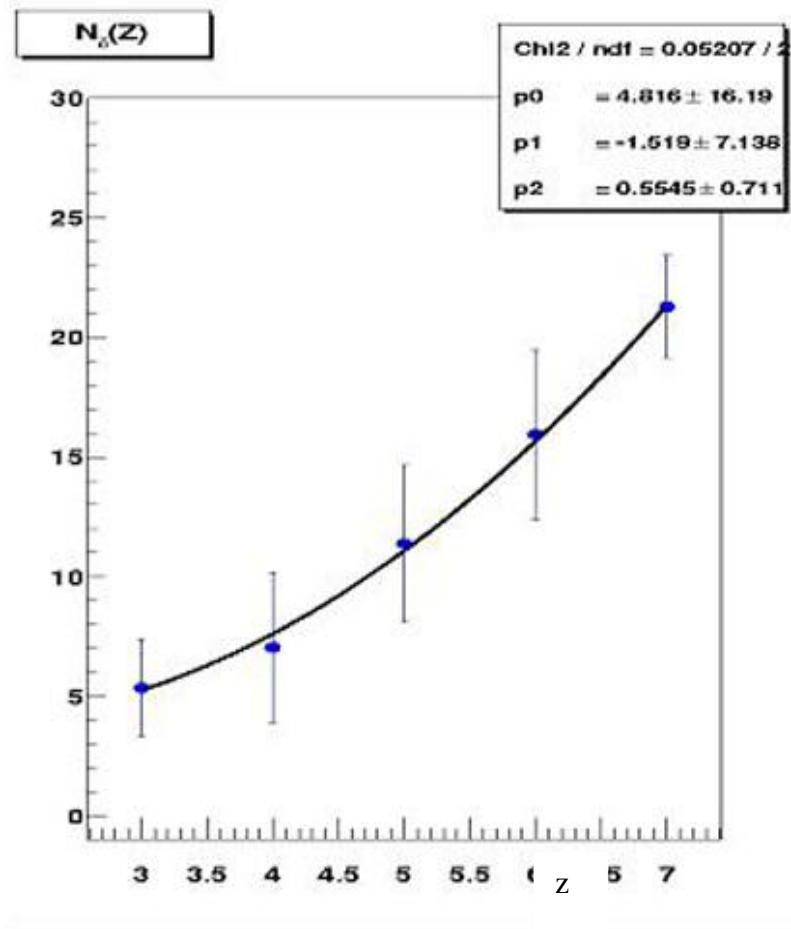


хар хил Z учун узунлик бирлигидаги δ -электронлар сонини аниклаш мумкин, яъни

$$N_\delta(Z_i) = \xi_i$$

Олинган $\xi_1, \xi_2, \xi_3, \dots$ точкалар минимизация методи χ^2 катталиқдан алохида булмаган квадратик тип $N_d = aZ^2 + b$ да аникланган (19-расмга қаранг).

Бизга зарур фрагментларнинг зарядларини аниклашда калибрланган эгри чизикли маълумотлардан фойдаланилди. Агарда N_δ хисобни купайтириш учун аникланмаган идентификацияли заряддан ва узок давом этадиган узун издан фойдаланамиз.



19-расм. Электр заряд улчамидаги алохида булмаган d -электрон $^\circ N_\alpha$ лар сони (нормаланган узунлик бирлиги = 100 мкм да).

2.4. Аникланган бирламчи ва иккиламчи трекларнинг бурчак характеристикалари

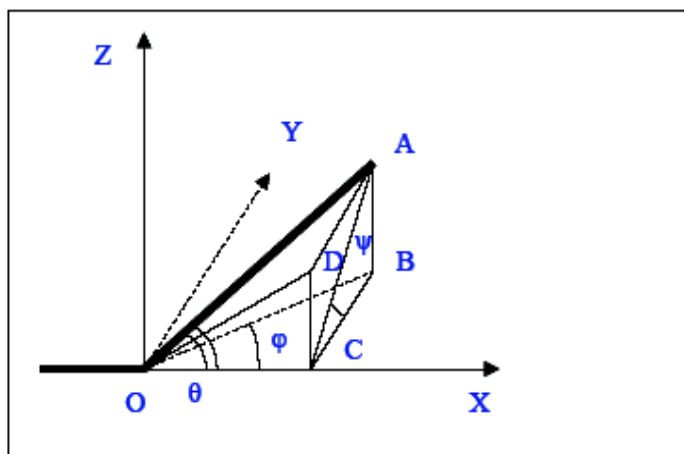
Баъзан тулик ажратиб аникланган типдаги ходисалар ва материаллар туплами ядровий фотоэмульсияда ишлаб чиқилган боскичма-боскич просмотрда олдин бевосита изланган ва улчанган. Таърифланган физикавий картиналардаги реакцияларни урганишда бурчакли булиниш анализи муҳим рол уйнайди. Бирламчи заррачаларни кузатишда улчанган трек бурчакларини қай даражада, худди шундай ва юқори аникликдаги $\sim 10^{-5}$ радианда улчашга эмульсион методика имкон беради. Микроскопдаги Декарт координатаси воситасида трекларнинг бурчак характеристикалари координаталар системасида улчанади.

Иккиламчи релятивистик заррачаларнинг учиш бурчагини улчашда деяри бирламчи заррачалар (кутб θ ва азимуталь ψ) чикариб юборилиши ядроларни урганишга мулжалланган Zeiss фирмаси ишлаб чиккан KSM-1 махсус микроскопда улчанди (20-расм). Микроскоп кайта-кайта кулон сочилишлардаги юкори энергияли заррачаларнинг импульсини улчаш учун мулжалланган, то шуми микроскопа при измерении координат следов можно не учитывать.



20-расм. Аник улчовчи Zeiss фирмасида ишлаб чикарилган KSM-1 микроскопининг ташки курилиши

Бурчакларни улчашдаги координата усулини караб чикамиз. Агар белги турса, бу вазият бор булса бурчакни улчашни утказиш мумкин эмас. Бу ходисаларнинг эмульсиядаги турган жойининг чекланганлиги хаммасидан купрокдир. Яъни мисол учун «юлдуз» урнашган жойи пластинканинг четига жуда якин. Тахминни давом эттирсак, бу шартлар улчашлар учун ижобий кабул килинади. Иккиламчи заррачаларнинг бурчаклари улчанаётган эмульсияда белгиланиши 21-расмда келтирилган



21-расм. Иккиламчи заррачаларнинг бурчакларининг аниқлиниши:

OX — бирламчи заррачаларнинг ҳаракат йуналиши;

OA — иккиламчи (улчанаётган) заррачаларнинг ҳаракат йуналиши;

$\angle AOC$ — кутб бурчаги (θ);

$\angle ACB$ — азимутал бурчак (ψ);

$\angle BOC$ — эмульсиянинг ясси бурчаги (φ);

$\angle DOC$ — чуқур бурчак (α).

Эмульсияли катлам ёпиштирилган ойна микроскопнинг предметлар столчасига маҳкамланади. Кейин бу пластинка йириклаштирилган қуринишда, бирламчи заррачалар йуналишида энг яхши қуринишда микроскоп столчасидаги OX уқ буйича аниқлик ($0,1 - 0,2$ мкм)да ҳаракатлантирилади. Кейинги қуринишда бошланғич тасвир олдида тугри бурчакли Декарт координаталар системаси танланади. OX – уқ бирламчи заррачаларнинг узунасига ҳаракати проекцияси буйича ҳаракатланади.

OZ – уқ эмульсия текислигида ва ойнага қараб, қайсики маҳкамланган эмульсиянинг юза қисмига перпендикуляр йуналишда ҳаракатланади.

OY – уқ шундай қуринишда, координаталар системасига тугрилаб олишда қулланилади. Бошланишда энг яхши ходисалар координатаси танлаб олинади. Координаталар системасидаги маълумотдан нукталарнинг координатасини, бирламчи заррачаларнинг трекини ва трек фрагментларини аниқлаш мумкин. Алоҳида бўлмаган эмульсия текислигида трек бурчак

катталиги ϕ икки методдан фойдаланиб улчанади: координатали – кичик кийматли бурчакларни улчаш учун ва бурчакли – катта бурчакларни улчаш учун. Эмульсияга асосан хар бир хисобланган трек бурчаклари координатали методга асосланиб уч координатали (x, y, z) трек нукталари аникланади. Координаталар системасида алохида булмаган утиш учун бирламчи заррачалардан бирламчи трекнинг бурчагини улчашга утказилади. Шунинг учун бирламчи заррачалар (6) формулада алохида булмаган бирламчи трекнинг маълум кийматли кутб бурчаги θ^0 ва азимутал бурчак ψ^0 координаталар системасига утади,

$$\begin{aligned} x &= x' \cdot \cos(q^0) + y' \cdot \sin(q^0) \cdot \cos(y^0) + z' \cdot \sin(q^0) \cdot \sin(y^0) \\ y &= -x' \cdot \sin(q^0) + y' \cdot \cos(q^0) \cdot \cos(y^0) + z' \cdot \cos(q^0) \cdot \sin(y^0) \\ z &= -y' \cdot \sin(y^0) + z' \cdot \cos(y^0) \end{aligned} \quad (6)$$

Штрих билан белгиланган координаталар – эмульсиядан алохида булмаган системада, штрихсиз координаталар бирламчи заррачадан алохида булмаган системада. (6) формула мохияти – курсатадики айланувчи координаталар системасида θ^0 бурчакда OZ уки тулик айлантиради ва ψ^0 бурчакда OX уки тулик айлантиради. Бурчакни хисоблашларни куйидаги муносабат (7) натижасида амалга ошириш мумкин

$$\begin{aligned} \operatorname{tg}(q) &= \frac{\sqrt{z^2 + y^2}}{x}, & \cos(q) &= \frac{x}{\sqrt{x^2 + y^2 + z^2}} \\ \operatorname{tg}(y) &= \frac{z}{y}, & \cos(y) &= \frac{y}{\sqrt{z^2 + y^2}} \\ \cos(j) &= \frac{x}{\sqrt{x^2 + y^2}}, & \sin(j) &= \frac{y}{\sqrt{x^2 + y^2}} \\ \cos(a) &= \frac{x}{\sqrt{x^2 + z^2}}, & \sin(a) &= \frac{z}{\sqrt{x^2 + z^2}} \end{aligned} \quad (7)$$

Бурчак хисоблари керак хисобга олиш узгартириш бирламчи калин эмульсия катлами сабабли унинг кичрайиши курсатиш. Шунинг учун аникланаётган изнинг z координатадаги нуктаси хисобга олмок эмульсиянинг кичрайиш коэффициенти Δ ни, ифодалайди собой вақт улчаш утказиш бошлангич калинликдаги эмульсион катламни унинг калинлигини вақт утгандан улчаш.

Олдиндан нисбатан йиғиш даста улчанган калин хар бир эмульсион катламдаги бир канча нукталар. Кейинги формула (8) да кичрайиш коэффиценти Δ хисобланган:

$$\Delta = \frac{h_0}{h} \quad (8)$$

Бунда h_0 ва h проявкагача ва проявкадан кейинги улчанган нуктага тегишли катлам калинлиги.

Ишда хар хил хатоларни хисобга олмаслик максатида узига хос богликликдаги усулда мукамал анализда бурчак улчанади. Улчанган киймат хатоликлари хакидаги мукамал таърифни [22, 23] адабиётлардан олиш мумкин. Факат баъзи бир жихатларига тухталиб утилган. Микроскопда столикнинг катта аникликда тугри чизикли харакатидан хатоликларда изларнинг хакикий куриниши талаб килинади. Дархакикат, хар бир микроскопнинг сифатлилиги бу богликликда аникланган унинг конструктив схемасида, пухталиб билан ишлаб чикаришда, узига хос фойдаланишда ва бошкаларда. Улчанаётган чукурлик объективнинг куринаётган эгри майдонида катнашиши керак. Бу шуни англатадики, микроскопнинг куриш майдонида кисмлар аник куринади, ишнинг узи текисликда куришмайди. Бу аник тасвир сабабли икки нукта микроскопнинг куриш майдонида хар хил кисмларда куринади, яъни бутунлай тулик куришмайди, чунки улар эмульсияда бир хил чукурликда булади. Бу нукталарнинг кийинчилигини йукотиш учун хар бир чукурликлар улчанилиши керак, микроскоп куриш майдони марказида куриниш аник урнатилиши зарур. Охирги богликликдан юза кисми аник тугриланади, яъни симметрик айланали оптик система укига деярли тугри, шартга асосан охирги тегишли куриниш отъюстирована. Одатда бурчак улчашлар учун иммерсион объективлар фойдаланилади. Желатинлар одатда иммерсион масло ($n=1.52$) кабул килган сабабли унча катта булмаган фаркли синдиришини курсатди, бу куринишдан ва хакикатда чукурликлар жуда хам якинлиги маълум булади. Иш тугаганда, эмульсия ва иммерсион масло контакт жойда эмульсия йугонлигининг сезиларли

даражадаги узгаришлари олдини олиш учун пластинкадаги иммерсия тозаланади. Бурчакларни улчаш учун баён килинган усулдан бошқа усуллар ҳам бор. Усулларни танлаш аниқ мақсад ва ресурсларга эгаллигига боғлиқ.

2.5. Водород (p, d и t) ва гелий (^3He и ^4He) изотопларининг идентификациясини ва такрорий сочилишини импульс методида улчаш.

Уртача материал орқали утувчи зарядланган заррачалар йуналишининг узлуксиз узгартирганлиги сабабли катта кийматли кичик оғишлар атом ядросидаги кулон сочилишлар натижасида пайдо булади, заррачалар харакат траекториясида узунасига жойлашган, улардан хохлаган биттасининг импульсини улчаб биламиз.

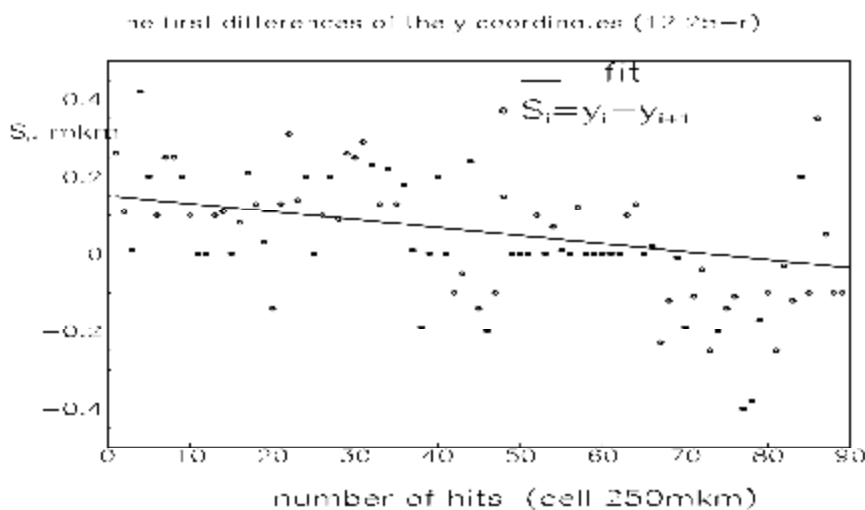
Заррачаларнинг уртача оғиш бурчагини аниқлаш учун иккита методни тадбиқ киламиз, асосийси эмульсия текислигида огаётган бурчак проекциясини микроскоп столигида ОХ – уқи буйича улчашдир. Дастлабки олинган метод **бурчак методи** дейилади, аникланаётган уринма траекторияси каторда бор на ней равноудаленных нукта ва уртача оғиш бурчаги аникланади, кетма-кет ораликлардаги хисоблашлар хар хиллигини курсатади (**Голдшмидт-Клермон ва бошк.**). Иккинчи кулланиладиган метод **координата методи** булиб, у кетма-кет келувчи нукталарнинг координаталарини улчайди ва кетма-кет икки нукта орасидаги масофа t билан белгиланади. Ухшаш улчашлар изланаётган оғиш бурчакларини кетма-кет ораликдаги хорда йулида иккинчи ораликдаги хар хил хисоблашларда улчанишига имкон беради (**Фаулер**).

Биз заррачаларнинг уртача оғиш бурчагини аниқлаш учун координата методидан фойдаланамиз. Кетма-кет нукталарнинг траекторияси координатасини улчашда кетма-кет икки нукта орасидаги масофа t билан белгиланади, изланаётган оғиш бурчакларини кетма-кет ораликдаги хорда йулида иккинчи ораликдаги хар хил хисоблашларда улчанишига имкон беради [23]. Бу метод сочилган бурчакларни аниқлаш учун ёрдам беради, из тахминан параллел уқка чиқариб куйилади, микроскоп столигида бир-бирига

тугри йуналишда харакатлантирилади, чунки куриш майдонидан жой алмашиниши бир томонга караб кетмайди. Аник кисмда t (одатда ячейка дейилади) катталиқ узунлиги Ox укида (y_i деб белгиланади) огма буйлама излар оркали улчанади. Биринчи фарк куйидагича белгиланади:

$$S_i = y_i - y_{i+1}, \quad (9)$$

берилган ячейкада t киялик хордаси учун келтирилган (22-расмга каранг).

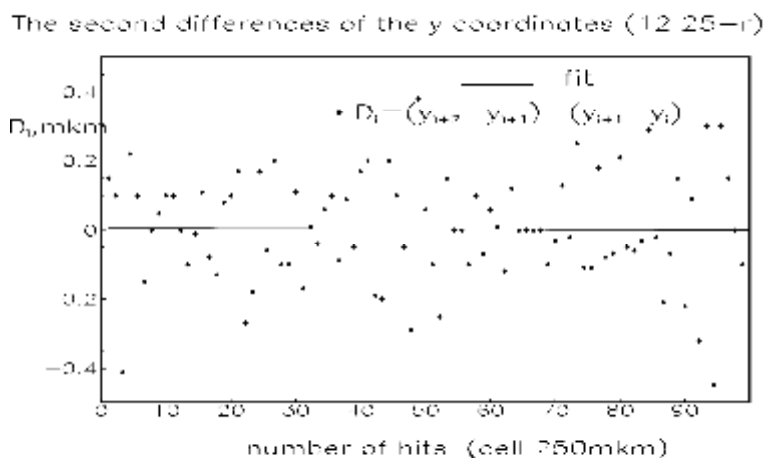


22-расм. Бир зарядли заррачалар учун боғлиқ булган дастлабки хар хил номердаги хисоблашлар курсатилган(12-25 ходиса). Ячейка узунлиги 250мкм. Биринчи келтирилган фарқлар берилган ячейканинг t киялик хордаси учун.

Шунга кура хисобланаётган иккинчи хар хил координаталар (улар D_i деб белгиланади):

$$D_i = (y_{i+2} - y_{i+1}) - (y_{i+1} - y_i) = y_{i+2} - 2y_{i+1} + y_i = S_i - S_{i+1}, \quad (10)$$

Кайсики кетма-кет узаро хордаларнинг огиши келтирилган (23-расмга каранг). Бу огиш заррачалар импульсига тескари пропорционал.



23-расм. Бир зарядли заррачалар учун боғлиқ булган иккинчи хар хил номердаги хисоблашлар курсатилган(12-25 ходиса). Ячейка узунлиги 250мкм. Иккинчи фарк кетма-кет огма хорда учун келтирилган.

“Кесиш” операция. Узаро боғланган бир марталик сочилишларда аникланаётган уртача бурчак огишида заррачалар алохида четланиши хам мумкин, яъни узининг катта улчами маъносида тушиши. Бу колган усул билан истисно тарикасида D_i киймат анча юкори $4\langle D \rangle$. Агарда «кесиш» каерда кулланилса, $\langle D \rangle$ уртача катталиқ истисно тарикасида катта D дан кейин аникланади. Бошка метод, **Голдзак таклифи методи** да алмашилишда барча D лардан тузилган, $4\langle D \rangle$ анча юкори, маъноси, $4\langle D \rangle$ га тенг. Бу ишда Голдзак «кесиш»и методидан фойдаланамиз.

Заррачаларнинг уртача огиши мазмуни $\langle D \rangle$ ячейка узунлиги t билан $p\beta c$ катталиқнинг боғлиқлиги (11) формулада акс этган:

$$\langle D \rangle = (Z_f K t^{3/2}) / (573 p\beta c), \quad (11)$$

Бу ерда:

$$p\beta c = (Z_f K t^{3/2}) / (573\beta \langle D \rangle) \quad (12)$$

бунда Z_f – заряд, p – импульс, βc – заррачалар тезлиги, K – сочилиш константаси.

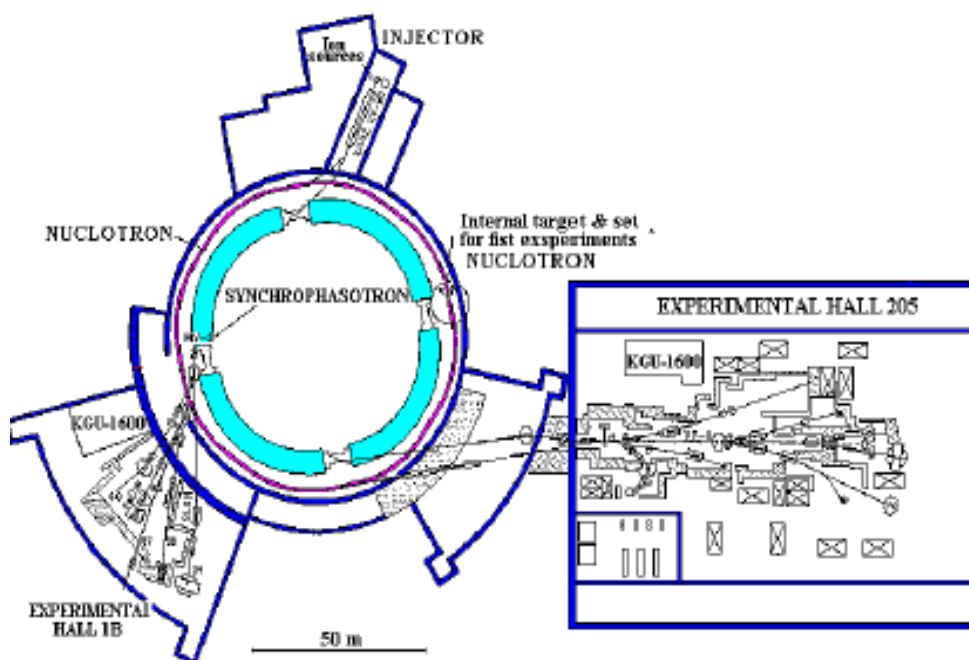
Эмульсияда заррчалар сочилишида аникланган константалар ишга катта микдор беради. Хозирги ишда сочилиш константасидан, Воиводик хисоблашидан ва Вильямс-Мольер назариясидан фойдаланилди [25].

3-булим. Эмульсияда ^{14}N дастасининг нурланиши ва реакция махсулотлари характеристикасини улчаш.

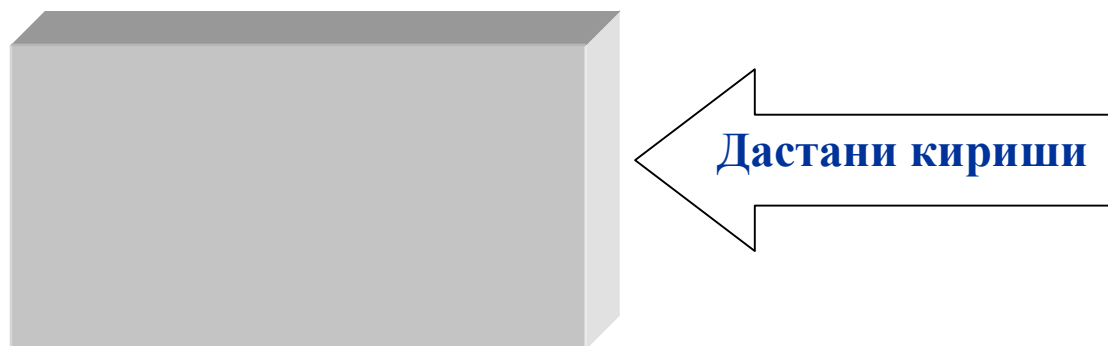
3.1. Стопкаларда эмульсияли катламларни йигиш ва нурлантиришни утказиш.

Ядровий фотоэмульсия катлами стопкаси (НИИХИМФОТОПРОЕКТ тип БР-2) Дубна шахридаги Бирлашган ядро тадқиқотлари институти (БЯТИ) «Юкори энергиялар лабораторияси» га карашли Нуклотронда 15. 06. 2003 й. да импульси 2.9 А ГэВ/с булган ^{14}N ядросининг бирламчи дасталари Билан нурлантирилди. Олдиндан шакллантирилган даста мос профилдаги стопка етарли даражада бир хил нурланди. Дастанинг улчамлари купсимли пропорционал камераларда назорат килинди, бутун поток эса мониторли счётчикларда.

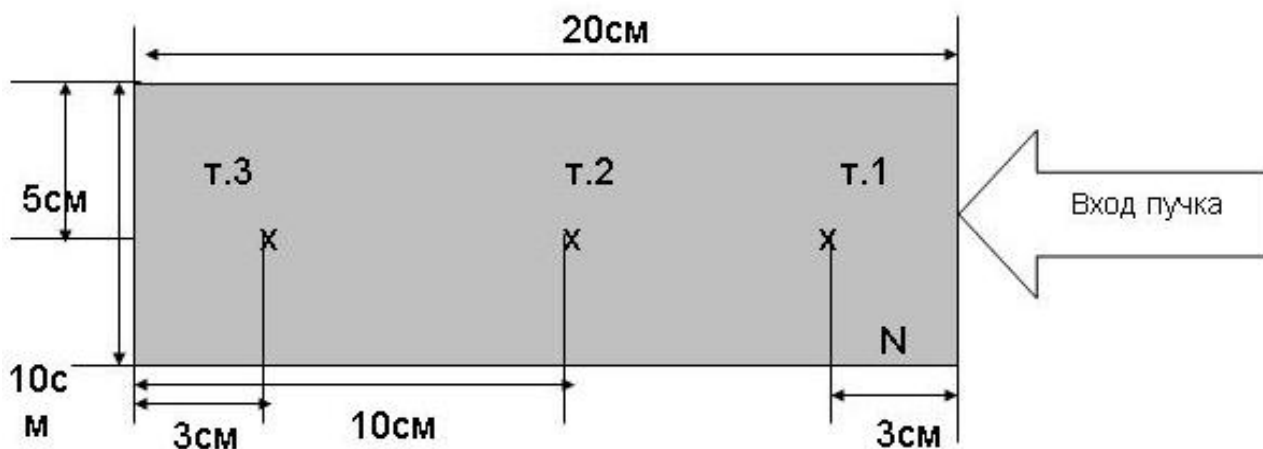
Фотоэмульсион катлам $10 \times 20 \text{ см}^2$ улчамдан иборат, хар бири калинлиги 600 мкм тартибда тузилган. Нурлантирилган даста эмульсияда параллел текисликда буйламасига узун йуналишларда йуналтирилган (25-26 расмлар).



24-расм. БЯТИ Юкори энергиялар лабораториясига карашли ускоритель комплекси схемаси



25-расм. Нурланиш холатида кассетанинг холати (юкоридаги куринишида) . Катламнинг жойлашиши урни: хозирги холатда юкоридан пастга қараб дастанинг юриши номерланган, яъни X пластинканинг юза қисмида буйлаб трекарлар утади, излаш керак ойна пластинкалари $X-1$ ва қирувчи трекарни ойнада $X+1$ пластинка юза қисмида излаш керак.



26-расм. Эмульсион катламнинг схематик тасвири курсатилган. Бунда N – пластинка номери, $t.1$, $t.2$, $t.3$ – нукталар, ҳар бир эмульсион катламнинг улчанган калинлиги химиявий проявкagача ва проявкадан кейинги холатида. Эмульсия кенглиги – 10 см., узунлиги – 20 см., калинлиги » 600 мкм.

3.2. Излардан ходиса излаш ва топилган ходиса тавсифи.

Фотоэмульсияни қуриб чиқиш учун изларни қуриб чиқиш методидан фойдаланилади. Томонлардан қираётган дастанни бу усулдан фойдаланиб эмульсия сканерлайди, бу ажратиб олинган заррачалар дасталари пластинкада қириш жойидан тухтаган жойигача қуриб чиқилади, узаро таъсирлашувчи парчаланиш летада ёки катламдан қиқишда содир булади. Бу усул қуриш майдонида ядровий узаро таъсирлашишларни машаккатли

кидириш учун фойдали булишига имкон беради. Шунингдек, бу усулда узаро таъсирлашишларнинг бутун туплами дискриминациясиз олинади. Шунингдек, у сочилишларни аниклашга ва хар хил турдаги узаро таъсирлашиш ва парчаланиш деярли юз беришига имкон беради.

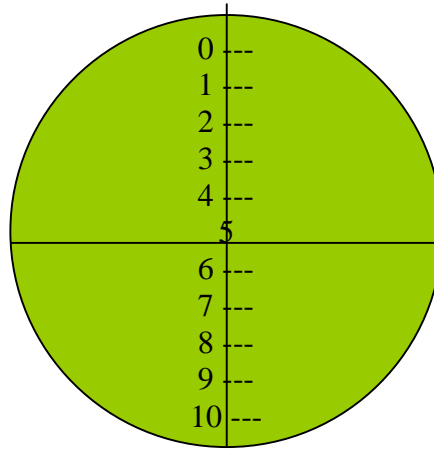
Катламларни куриб чиқишда ядровий тукнашувлардаги буйлама изларни аниқ кузатишда МБИ-9 типли микроскопда 60x15 катталаштиришдан фойдаланилади (27-расм). Кейинги эътибор беришимиз лозим булгани, буйлама изларнинг тезлиги текис катламда изларнинг огишига ва тартибсиз даста бурчакларига боғликлиги кузатилди.



27-расм. Микроскоп МБИ-9 нинг ташки курилиши.

Юкори эффеќтли кайд килинган ходисаларни олиш учун кичик бурчакли огишл издан биттасини иккиламчи изга нисбатан биринчи кузатиш керак, даста огирлик маркази хамма ваќт параллел аниқ кучиб юривчи микроскоп столигидаги ОХ уки учун.

Изнинг фиксацияланган холати учун куриш майдонида ва кичик бурчакли огишни кайд килиш учун махсус окуляр шкаласидан фойдаланамиз.



Куриб чикилган 7041,037 см узунликда 540 та узаро таъсирлашиш топилган, бунда «ок» юлдузлар сони 25 та булиб, 4,6 % ни ташкил килди. Худди шундай, «ок» юлдуз типигади ходисалар учун уртача эркин югуриш йули $(281,6 \pm 56,3)$ см га тенг. Заряди буйича таксимланган топология 3-жадвалда курсатилган. Зарядни аниклаш методикаси 2-булимда келтирилган.

3-жадвал. Энергияси 2.1А ГэВ булган диссоциаланган ^{14}N ядросидаги зарядлари буйича таксимланган «ок» юлдуз топологияси

Фрагмент заряди, Z						Ходисалар улуши, (%)
6	5	4	3	2	1	
-	-	-	-	3	1	10 (40%)
-	-	-	-	2	3	1 (4%)
-	-	-	1	-	4	1 (4%)
-	-	-	1	1	2	1 (4%)
-	-	1	-	1	1	1 (4%)
-	1	-	-	-	2	2 (8%)
-	1	-	-	1	-	3 (12%)
1	-	-	-	-	1	6 (24%)
						25 (100%)

Богланган булинишда $^{14}\text{N} \rightarrow \alpha\alpha\alpha$ йуналишда 3 та жадваллар анализи $2+2+2+1$ зарядли конфигурациянинг тутган урни энг юкорилигини курсатди. Шунингдек, маълум даражадаги огир симметрик ядролар диссоциациясида

аналогик ажратилган фрагмент $Z = 1$ да $b+1$ конфигурациянинг сезиларли роли куринади.

3.3. «Ок» юлдузда ядро-снаряд фрагментацияси махсулотларининг бурчак таксимоти.

Куп холларда тор конусли бурчакда ядро-снаряд фрагментлари олдинга караб учади, оралик бурчак куйидаги формуладан аникланади:

$$\langle \theta_{\text{фр.}} \rangle \approx \langle \sin \theta_{\text{фр.}} \rangle = p/p_0, \quad (13)$$

бунда p — Ферми-импульси, p_0 — ядро-снаряд нуклон импульси . Келтирилган формуладан куринадики, кичикрок бурчакда учаётган ядро-снаряд фрагментлари энергиясидан катта бурчакда учаётганиники катта булар экан. Масалан, ядро-снаряд импульси 2.9 А ГэВ/с ва Ферми импульси 200 МэВ/с булса

$$\langle \theta_{\text{фр.}} \rangle = 0.2/2.9 = 0.069 = 3.95^\circ.$$

Эътиборга молик мухимлик хар хил зарядларда ядро-снаряд фрагментлари бурчакли таксимланишига сабаб булади, мадомики бу таксимланиш ва сезиларли характеристика (уртача киймат, стандартлар ва бошк.) хар хил назарий моделлар орасидан танлаб олинган.

Экспериментал маълумотлар анализи бурчак таксимотида утказилган.

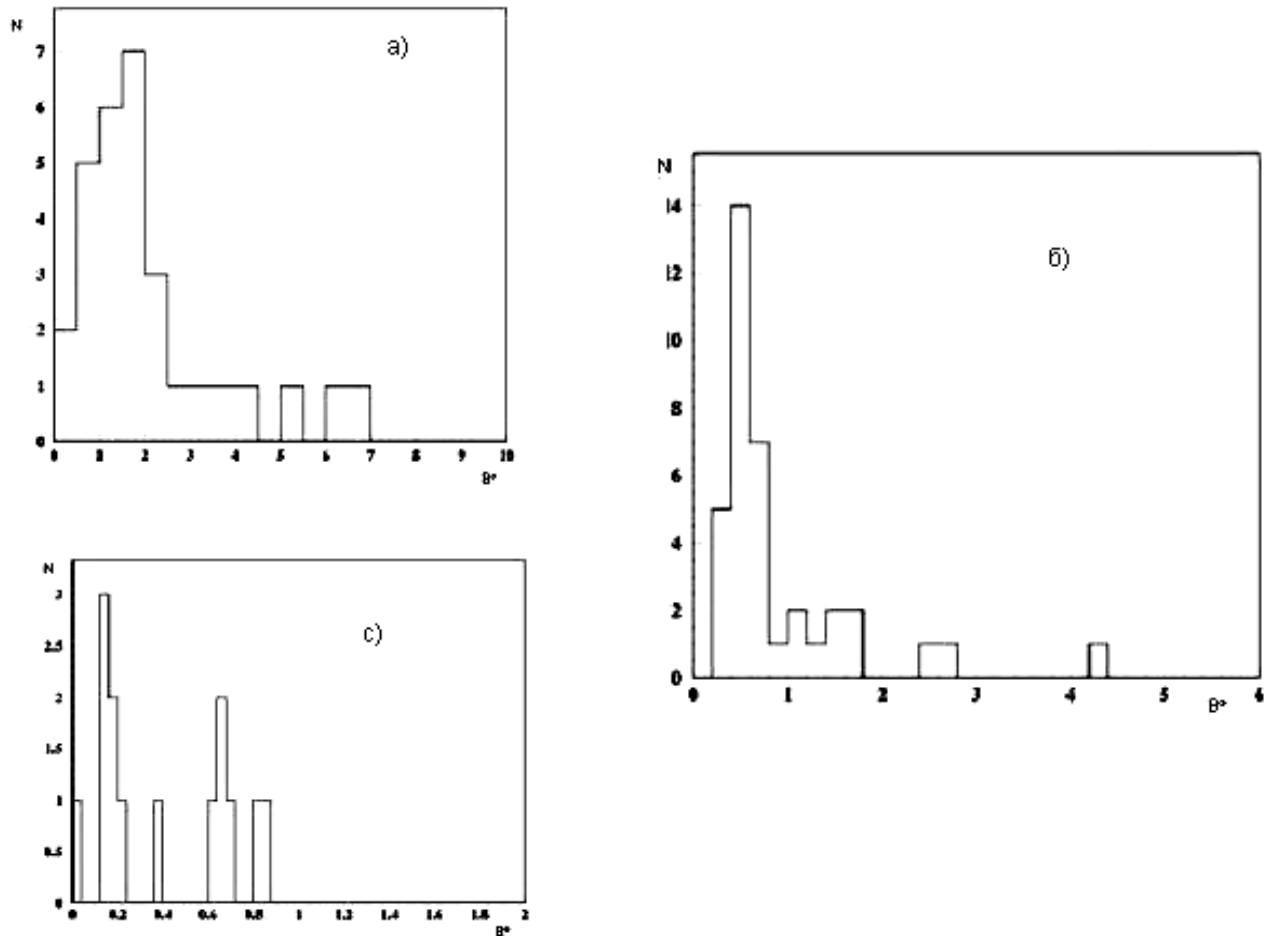
28-расмда «ок» $^{14}\text{N} + \text{Em}$ узаро таъсирлашишда $Z_{\text{фр}} = 1$ (a), $Z_{\text{фр}} = 2$ (b) ва $Z_{\text{фр}} \geq 3$ (c) зарядли ядро-снаряд фрагментининг кутбли бурчак таксимоти курсатилган. Бу расмдан куринадики кичик бурчак кийматида кейинги бурчакнинг катталашинининг камайишида фрагментнинг бурчак таксимоти энг ёркин ифодаланади. Бу холатда кичик кийматли фрагмент зарядларининг катталашинидан хар хил томонга силжийди. Тегишлича ва учаётган фрагментларнинг уртача бурчак киймати камайиши фрагмент зарядларининг

катталашинида 4-жадвалда куринади. Курсатилган хатолик – факат статистик.

4-жадвал. «Ок» $^{14}\text{N}+\text{Et}$ узаро таъсирлашинида (25 та ходиса) ядро-снаряд фрагментларининг асосий характеристикалари.

$Z_{\text{фр}}$	$N_{\text{фр}}$	$\langle\theta^{\circ}_{\text{фр}}\rangle$
1	30	2.10 ± 0.38
2	37	0.93 ± 0.15
3	2	0.51 ± 0.36
4	1	0.66 ± 0.66
5	5	0.54 ± 0.26
6	6	0.21 ± 0.09

Жадвалда келтирилган хамма бурчаклар бирламчи заррачаларга боғлиқ холда координаталар системасида олинган. Учаётган ядро фрагментининг учиш бурчак катталиги, шунингдек заряднинг идентифицирланиши ва асосан ходисаларнинг барча параметрлари тикланиши мумкин: олинган ходисалар фазовий тасвири, хисобланган кундаланг импульс (p_t), жуфт фрагмент бурчаклари, заррачаларнинг эффектив инвариант массаси, алмашинувчи b_{ik} .



28-расм. «Ок» $^{14}\text{N}+\text{Et}$ узаро таъсирлашишларида кутбий бурчак(θ)

таксимоти:

- a) фрагментов ядра-снаряда с $Z=1$;
- б) фрагментов ядра-снаряда с $Z=2$;
- с) фрагментов ядра-снаряда с $Z>2$.

3.4. Бир зарядли релятивистик фрагментдан олинган импульс спектри ва «ок» юлдузда протон ва дейтроннинг узаро боғлиқликда чиқиши

Хозирги ишда Z заррача заряди ва $p\beta c$ катталиқлар улчаниши натижасида изотоплар классификацияси келиб чиқди. Бу асосий классификациядан куйидаги мулохазалар келиб чиқади:

- 1) Заррачалар заряди $Z=1$ 100% эхтимолликда аниқланди;
- 2) Бирламчи импульс катталиги учаётган ядро-снаряд фрагментлари нуклонларида сакланади, бу холда импульс $P_0 = 2.9$ ГэВ/с га тенг.

Барча фрагментлар хар бир индивидуал ходисаларда ядро-снаряд фрагментацияси каналининг узига хос хусусиятини курсатиб беради. ^{14}N ядроси фрагментацияси каналлари ва ядро-снаряд фрагментининг $Z=1$ даги изотопли тузилиши 5-жадвалда курсатилган:

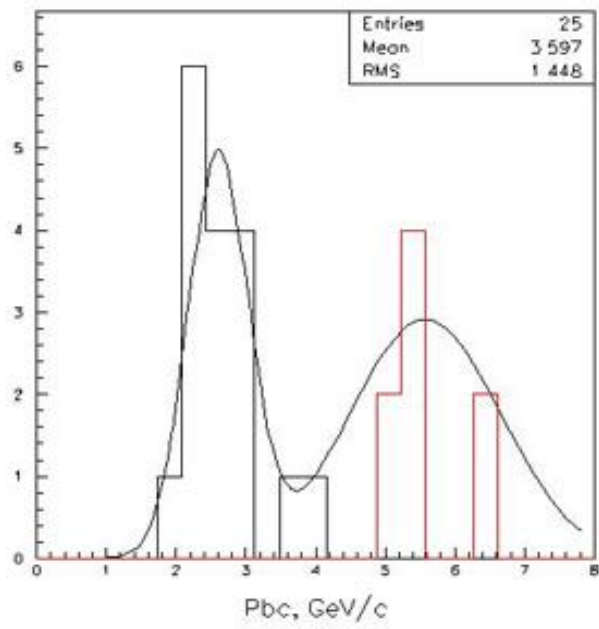
5-жадвал. Бир зарядли ^{14}N ядроси фрагментининг изотопли тузилиши

Фрагментация канал	Ходисалар сони	Бир зарядли фрагмент идентификацияси	
		протон	дейтрон
$3*(Z_{fr}=2)+1*(Z_{fr}=1)$	9	6	3
$1*(Z_{fr}=6)+1*(Z_{fr}=1)$	5	3	2
$1*(Z_{fr}=3)+4*(Z_{fr}=1)$	1	3	1
$1*(Z_{fr}=3)+1*(Z_{fr}=2)+2*(Z_{fr}=1)$	1	1	1
$2*(Z_{fr}=2)+3*(Z_{fr}=1)$	1	2	1
$1*(Z_{fr}=5)+2*(Z_{fr}=1)$	1	2	---

Фрагмент учун бир хил тезликда ва бир хил заряд таксимоти $p\beta c$ катталиқда бир нечта нормал суперпозиция таксимотини курсатиши керак. Бир зарядли фрагментнинг улчанаётган импульс катталиги 1.5 ГэВ/с дан 8 ГэВ/с гача атрофида икки гаусс аппроксимация йигиндиси каноатлантиради.

Аппроксимация максимумлари таксимланган жойлашиш тартиблари $p\beta c$ катталиқда, бир хил 2.6 ГэВ/с ва 5.6 ГэВ/с да ва ^1H и ^2H мос изотопида, 29-расмга каранг.

Бизнинг экспериментда олинган дейтронлар улуши барча бир зарядли фрагментларда 32 % ни ташкил килади. Ишда ^6Li релятивистик ядроси [11] фрагментацияси урганилди, аналогик методда бажарилди, бир зарядли фрагментлар умумий кийматида дейтронлар улуши 43 % ни ташкил килди. Шунингдек, экспериментда ^6Li ядросида олинган ^3H фрагменти улуши 13 % ни ташкил килди. Бизнинг экспериментда бир зарядли ^3H фрагментнинг етишмаслиги ва етарли булмаган статистик натижа ва кизикарли физик натижалар бахолаш мумкин.



29-расм. p_{bc} катталикдаги бир зарядли фрагментларнинг таксимоти.

4-булим. Корреляцион характеристикаларнинг тахлили ва натижалар муҳокамаси

4.1. Ядро-снаряд фрагменти кундаланг импульси спектрлари ва хар хил ядролар учун киёслаш.

Бу тадқиқот ишида факат «ок» юлдуз типигади ходисалар курилди ва хар бири узок муҳокамада булди. Аникланган «ок» юлдуз типигади ходисалар синфи 1-булимда келтирилган.

p_t^A фрагментнинг кундаланг импульси куйидаги формула буйича хисобланади:

$$p_t^A = p_0 A \sin \theta, \quad (14)$$

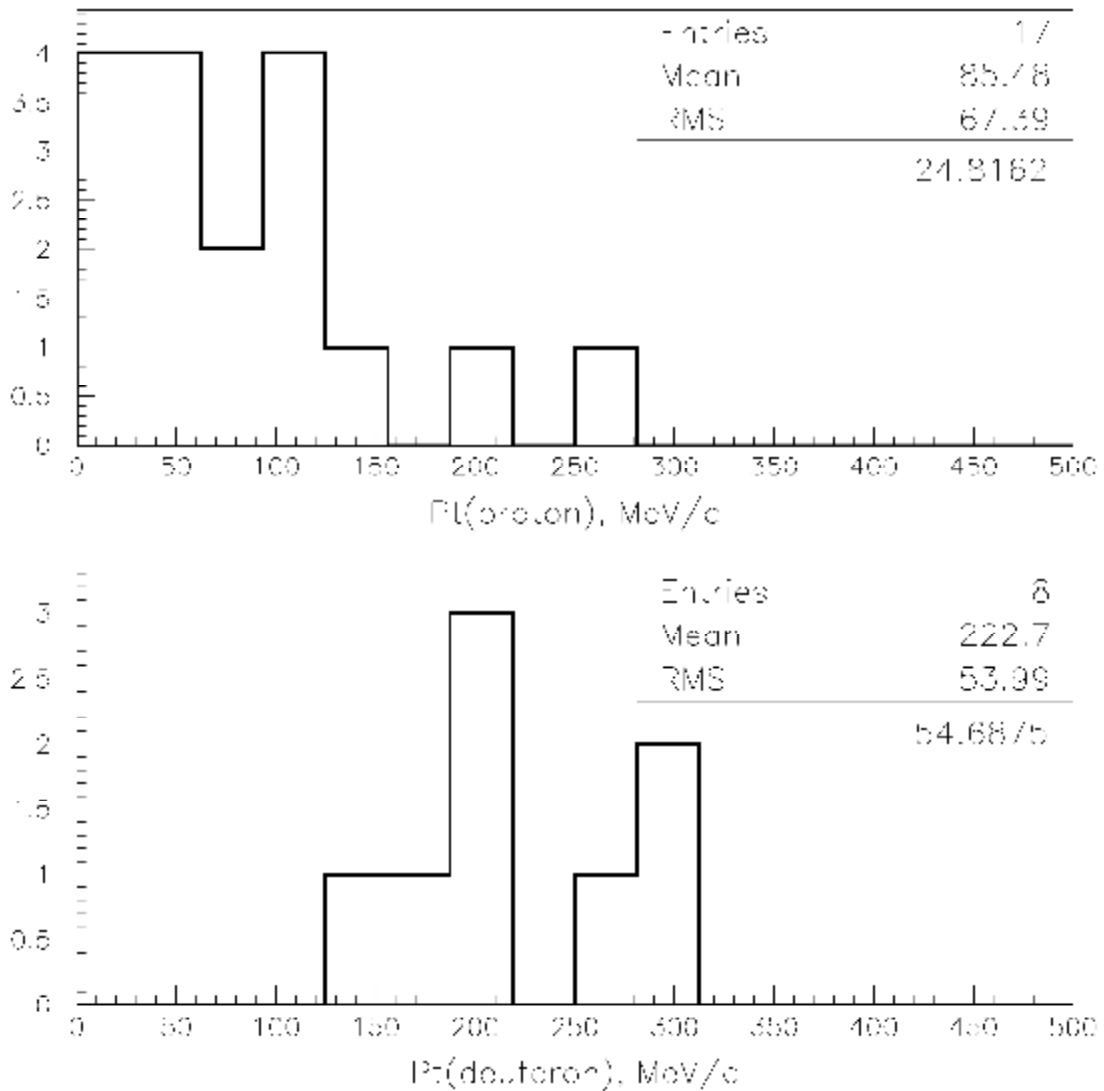
бунда p_0 – ядро–снаряд нуклонигади импульс, A – фрагментнинг масса сони ва θ – фрагментнинг улчанган таркалган кутбий бурчаги. ^{14}N – узаро таъсирлашишларида $\langle p_t^A \rangle$ фрагментнинг кундаланг импульсининг уртача киймати б-жадвалда курсатилган

б-жадвал. Ядро фрагментининг уртача кундаланг импульси МэВ/с ларда

Ядро - снаряд	^1H	^2H
^4He	86 ± 3	142 ± 7
^6Li	97 ± 10	153 ± 5
^{12}C	112 ± 2	203 ± 10
^{14}N	86 ± 25	223 ± 55

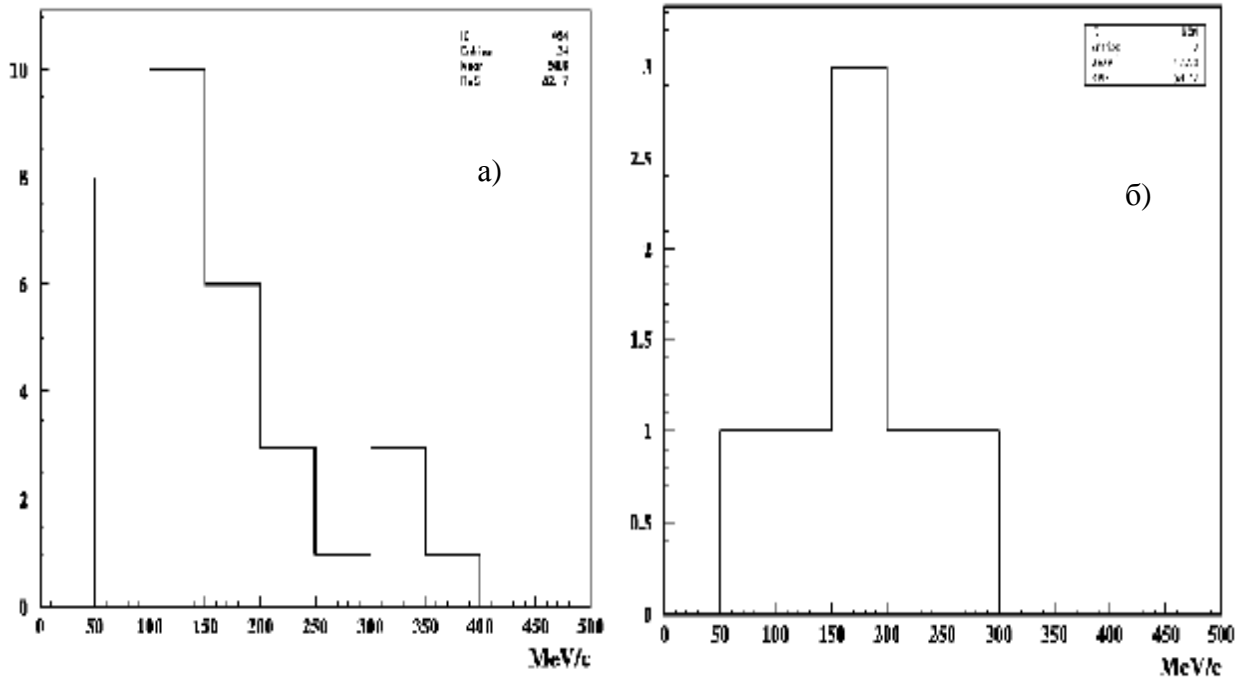
Бир зарядли фрагментларнинг уртача кундаланг импульси киймати ^4He , ^6Li ва ^{12}C енгил ядро-снарядларида етарлича экспериментда курилди. Афсуски, катта хатолик ^{14}N нинг маълумотлари учун хулоса килсак ядро-снаряд массалари усиши $\langle p_t^A \rangle$ усиши давом этишига имкон бермайди ёки текисликка боглик холда чикиш бошланади.

Кейинги расмда ^{14}N узаро таъсирлашишларида бир зарядли фрагментлар учун кундаланг импульс тақсимооти курсатилган. 18 та ходисада бор булган 25 бир зарядли фрагментдан: 17 таси идентификацияланган протон ва 8 та дейтрон. Уртача кундаланг импульс катталиги протон учун $p_t = (86 \pm 25)\text{МэВ/с}$, дейтрон учун $p_t = (223 \pm 55)\text{МэВ/с}$ ни ташкил килди.



30-расм. ^{14}N бир зарядли фрагментларининг кундаланг импульс тақсимооти

Куйидаги расмларда α - заррача учун (а) кундаланг импульс тақсимооти ва 3α - заррачалар системалари учун (б) $Z=1$ да $^{14}\text{N} \rightarrow 3\alpha + \text{фр}$ каналида парчаланиш курсатилган.



31-расм. ${}^4\text{He}$ ва ${}^3\text{He}$ системалари учун кундаланг импульс таксимоти

3α - заррача катталигидаги системалар учун уртача кундаланг импульс куйидаги формуладан ҳисобланади:

$$\begin{aligned}
 p_z &= \sum_i p_z \\
 p_y &= \sum_i p_y \\
 p_t &= \sqrt{p_z^2 + p_y^2}
 \end{aligned} \tag{15}$$

Кундаланг импульсларнинг олинган уртача катталиги мос равишда тенг $(p_t)^\alpha = (158.8 \pm 27.4)$ МэВ/с, $(p_t)^{3\alpha} = (177.0 \pm 68.1)$ МэВ/с. Гарчи уртача катталик, масалан, бир хил таксимотлар жиддий равишда ажралиб турса: агар таксимот p_t катталанишида α - заррачалар тез пасайиши учун, у ҳолда таксимот p_t да 3α системалари учун уртача катталикка деярли симметрик.

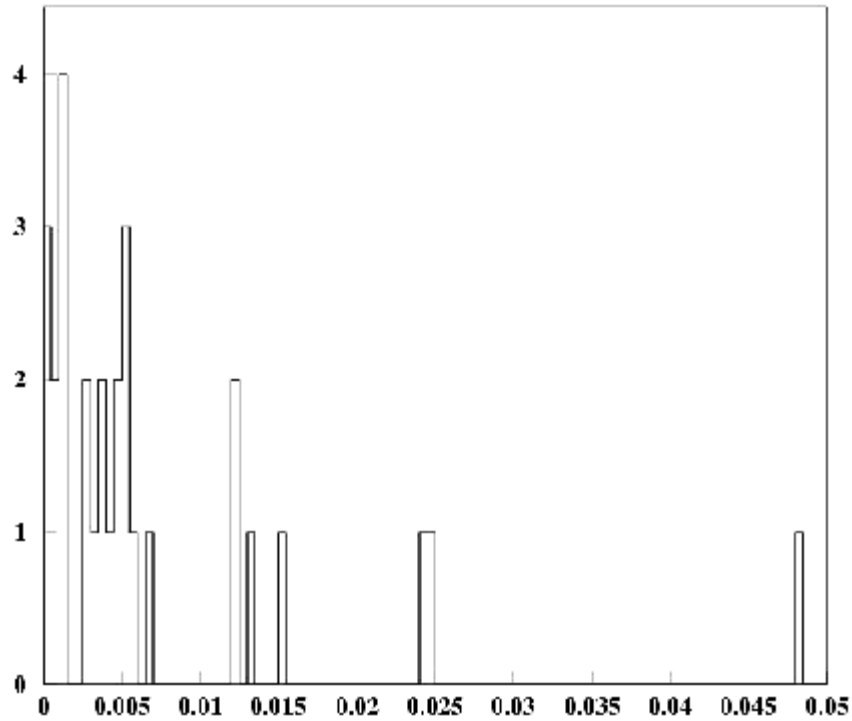
4.2. Релятивистик-инвариантли b_{ik} узгарувчида келтирилган маълумотлар.

Релятивистик ядро фрагментлари системасини батафсил ургансак, диссоциациявий жараёнда ядро энергияси 1А ГэВ дан юкори, кузгалган ядро структураларини тушунтиришда фрагментларнинг парчаланиши бусагасини сифатли янги сатх таъминлайди. Фрагментация 4-тезликдаги ингичка фрагментни пайдо булишини назорат килади, аникланган сохада инвариант узгарувчи (квадрат фарклари 4-тезликли)

$$b_{ik}=(P_i/m_i-P_k/m_k)^2, \quad (16)$$

бунда P ва m , i ва k фрагментларнинг 4-импульслари ва массалари, $10^{-4} < b_{ik} < 10^{-2}$ чегарада бир жойга тупланган. Ишда кириш кисмида [26], пастки чегара мос келадиган ${}^8\text{Be} \rightarrow 2\alpha$ ядроси парчаланиши рекорд даражада паст энергияда парчаланиши (92 КэВ), юкорисида эса ядро физикасининг норелятивистик процесслари классификацияланади. Бу жараёнлар нуклон-нуклон узаро таъсирлашишлари сатхида мезонларсиз эркинлик даражаларида булади. Келтирилган маълумотлар релятивистик-инвариант узгарувчи b_{ik} ёрдамида имкон беради ягона куринишдаги боғланган маълумотлар ядро нишони ва релятивистик ядро-снарядларининг куплаб фрагментларида. Иллюстрация учун бу ходисалар синфида 5-расмда ${}^{14}\text{N}$ релятивистик ядросининг диссоциациявий ходисалари реакция бошланиши якинида энергия бериши ва бехисоб кузгалган ядро нишони ёки мезон тугилиши мисолда келтирилган.

2+2+2+1 каналида лидерлик роли ${}^{14}\text{N}$ ядроси фрагментацияларида $b_{ik} < 10^{-2}$ диапазонда 3α заррачалар системасини урганишнинг перспективлигидан дарак беради. Иллюстрациядаги бу бир канча ходисаларда бурчак катталиклари хар бири учун торрок улчанган. b_{ik} узгарувчи таксимоти ${}^{14}\text{N}$ «ок» юлдуз учун характерлидир ва ${}^{22}\text{Ne} \rightarrow n\alpha$ ходисалари учун хам (32-расм). Узок тупланган статистикалар бу таксимотда барча деталлари хакида универсал даражада маълумот беради.



32-расм. 2.1 А ГэВ энергияда $^{14}\text{N}@3\alpha$ фрагментация канали учун b_{ik} узгарувчи таксимоти.

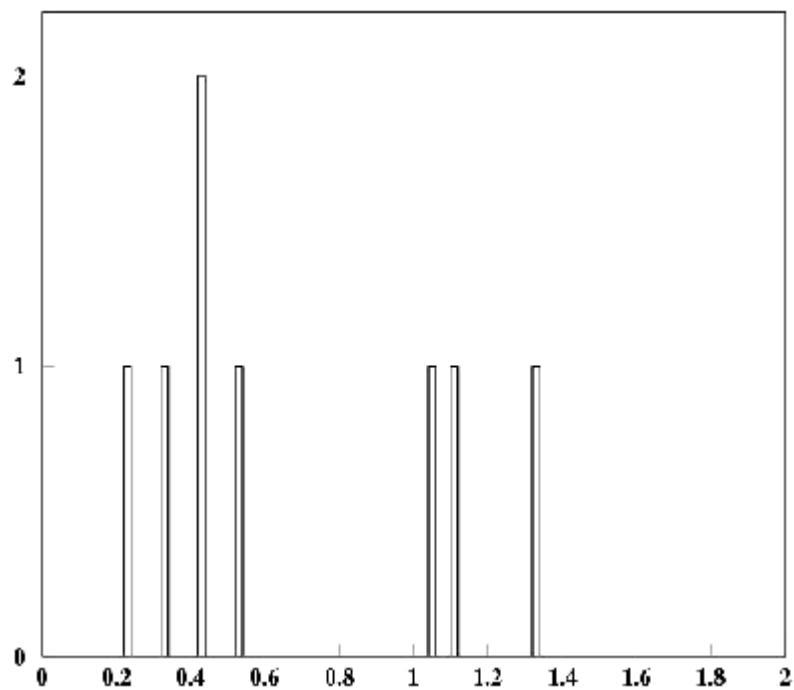
4.3. 3 альфа заррачанинг фрагмент гурухи массасининг инвариант спектри

Узаро мустахкам боғланган b_{ik} узгарувчи фрагмент системаларининг инвариант массаси хисобланади

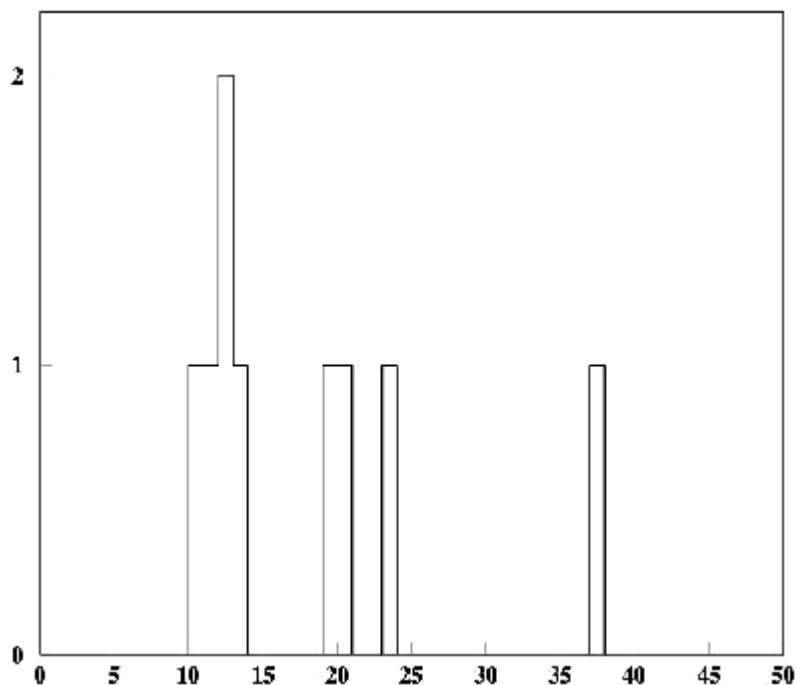
$$M^{*2} = (\sum P_j)^2 = \sum (P_i P_k) \quad (17)$$

ва уйғониш энергияси $Q = M^* - M$, бунда M – асосий ҳолатдаги тахлил қилинган системага мос келган келган заряд ва оғирликдаги ядро массаси. Энергетик масштабда баҳолаш учун 33-расмда курсатилган таксимот нуклонлар сони $(M_{3\alpha}^* - 3m_\alpha)/4n_\alpha$ да нормаланган уйғонган энергия учун инвариандир. Агарда «ок» юлдуз ^{22}Ne жуда кичик энергия соҳасида ходисалар концентрациясида булади.

34-расмда курсатилган тақсимот вариантыда ^{12}C ядро массаларидан ҳар бир ҳисобланган энергияда яъни $M_{3\alpha}^* - m_C$ назорат қилинади. Қизиқарли жиҳати, ҳодисалар 10-14 МэВ да ^{12}C ядроси гуруҳлар даражаси майдонида концентрацияланади. Бу қузгалган ҳолатда изоҳланган хусусиятларни қузатилган ҳодисалардан қуриш мумкин. Узок олинган статистика ва батафсил улчашлар бу дастлабки қузатилган жиддий сабаблар учун хизмат қилади.



33-расм. Нуклонлар сонида нормаланган 2.1 А ГэВ энергияда $^{14}\text{N}@3a$ канали учун инвариант уйгонган энергия тақсимоми.



34-расм. Нисбатан асосий ҳолатдаги ^{12}C ядроси 2.1 А ГэВ энергияда $^{14}\text{N@3a}$ канал учун уйгонган энергияга инвариант таксимот

4.4. Юкори статистикада урганилган перспективалар ва дастлабки физик хулосалар.

Ядровий эмульсия методи курсатадики, хусусан айнан бир хил урганилган релятивистик ядронинг куп микдордаги фрагментациялари бири-бирига якин бир зарядли фрагментларда бутунлай барбод килинади [27]. 4-импульсли фрагмент компонентлари аниклашлардаги чекловларни бекор килди. Биринчидан, бу чекланган имконият нуклон фрагментида аникланган узатувчи импульс кийматларидир. Канчалик тугри, етарлича мувофик якинлашишлар курсатадики бирламчи ядролар учун ахамияти тахмин килинган бир хил аникликда бир канча фоиздир. Иккинчидан, массавий идентификация факат водороднинг релятивистик изотоплари ва катта сикилишли гелий изотоплари учун мумкин. Шу сабабли икки зарядли фрагмент массаси кабул килган α – заррача массасидир, шунингдек танланган стабилъ ядро фрагментлари тор конусли фрагментацияда

якинлашишида яхши куринади. M ва Q скаляр купайтмали учаётган фрагментларнинг аникланган ягона вектор йуналиши b_{ik} баҳолашда хал килувчи роль уйнайди. Худди шундай, тулик диссоцияланган ядрода рекорд даражада утишлар сабабли ядровий эмульсия усулида $Z=1,2$ ли тор ингичка фрагменти характеристик маълумотлари камдан-кам учраши мумкин.

Мухим фактлар курсатадики $^{12}\text{C}^* \rightarrow \alpha^8\text{Be}$ канали буйича бораётган парчаланишда чегараланган курсатма пастки сатхи 7.65 МэВ атрофида. Бу канал 3α заррача билан ходисалар пайдо булиши учун зарур, хозирги энергияда иккита хар биридан охиригача кичик бурчакда $5 \cdot 10^{-3}$ рад атрофида сочилади. Бу холда жуда мухим кидиришда бир канча оддий шароитларда ^8Be релятивистик ядроси парчаланишида идентификация методи ишончлидир.

^9Be ядроси релятивистик фрагментацияси курсатадики жозибадор манба ^8Be ядросининг юзага келишидир, ^8Be нейтрони энергетик булиниши арафасида жами 1,7 МэВ ни ташкил килади. Бу ядровий структуралар асосий мазмуни ^9Be да ^8Be ядроси пайдо булиши эхтимоллиги фикри аник роль уйнашига имкон беради. Шунингдек, узаро нисбатда одатдагидай богланиш кузгалган $n^8\text{Be}$ ва учламчи $n\alpha$ огир ядроларда сценарий буйича аникланган фрагментациялари учун жуда хам мухим.

Хулоса

Бу ишда ^{14}N релятивистик ядросининг куп микдордаги фрагментацияларини урганиш учун ядровий эмульсия усули амалий кулланди.

Бу жараёнда релятивистик фрагментацияларни ушбу усулда урганишни ушлаштириш имконияти калити куйидагилардир:

- Бирламчи ва иккиламчи трекларнинг зарядини аниклаш;
- трекларнинг бурчак характеристикаларини аниклаш;
- кайта-кайта сочилиш усулидан импульсни улчаш;
- релятивистик ядролар водород ва гелийнинг иккиламчи изларини идентификациялаш.

Ишда кискача обзорда амалий кузатилган мультифрагментациявий жараёнлар энгил релятивистик ядрода эмульсия ёрдамида олинган ва азот ядроси актуаль талаблар асосида урганилди.

^{14}N ядросида мультифрагментациявий жараёнлар аниклаган узига хос хусусияти энгил ядроларда α , p ва d системаларнинг пайдо булишидир. Танлаб олинган «ок» юлдуз типидеги ходисалар факат релятивистик ядро фрагментлари изларини уз ичига олади, лекин бирорта хам янги тугилган заррачаларнинг ва ядро нишонидеги фрагментларнинг изларини уз ичига олмайди. Бу ходисалар мультифрагментация топологияси учун аникланган. Бундан куринадики купзаррачали конфигурациялар $3\alpha + p$ ва $3\alpha + d$ лидерлик ролини уйнар экан.

«Ок» юлдуз типли ходисада ^{14}N ядро-снаряд фрагменти изотоплари тузилишини урганишда кулланган метод курсатадики протоннинг дейтронга нисбати тахминан 2:1, бу эса ^6Li ва ^{10}B ядроси фрагментацияси билан солиштирганда дейтронларнинг роли заифлашишидан дарак беради.

Айтиш мумкинки, фрагментларнинг бурчак таксимоти энг юкори ифодаси кичик киймат билан кейинги бурчак катталиги сохасида пасаяди. Бу юкори кийматнинг холати заряд фрагменти катталигининг кичик кийматли

йуналишларида алмашади. Мос равишда фрагмент заряди катталигининг камайиши билан фрагментларнинг уртача учиш бурчаги катталиги ҳам камаяди.

Кундаланг импульснинг олинган уртача киймати ${}^4\text{He}$ ва $3\ {}^4\text{He}$ системаси учун бир хил - $p_t^\alpha = (158.8 \pm 27.4)\text{МэВ}/c$ ва $p_t^{3\alpha} = (177.0 \pm 68.1)\text{МэВ}/c$. Лекин уларнинг таксимоти жиддий равишда ажралиб туради: агар таксимот p_t катталиқда тез тушаётган α -заррача учун, у холда таксимот 3α системалар учун p_t уртача кийматда нисбатан симметрикдир.

3α заррачадан олинган ходисалар тахлилида b_{ik} и m_{ik} инвариантликда алмашинади. Бунга ядро нишонининг куп микдорли фрагментацияси ва релятивистик ядро снаряднинг ягона куришдаги боғланган маълумотлари имкон беради. Баҳолашда скаляр купайтма учаётган фрагментларнинг аникланган ягона вектор йуналишида натижавий роль уйнайди. Шунингдек, эмульсия релятивистик купзаррачали системалар реконструкцияси учун ноёб асос булиб хизмат килади.

Фойдаланилган адабиётлар руйхати

1. Adamovich M. I. et al. JINR Communication E1-10838, Dubna, 1977.
2. Марин А. и др.,// Ядерная физика. 1980. Т. 32. С. 1387.
3. Абдуразакова У. А., Бондаренко Р. А., Гулямов У. Г. , Чернов Г. М. // Ядерная физика. 1984. Т. 39. С. 272.
4. Белага В. В. и др.,// Ядерная физика. 1995. Т. 58. С. 2014; Belaga V. V. et al // Phys. At. Nucl. 1995. V. 62. P. 1905.
5. Белага В. В. и др. // Письма в ЖЭТФ. 1995. Т. 62. С. 385; Belaga V. V. et al // JETP Lett. 1995. V. 47. P. 395.
6. Бондаренко А. И. и др.,// Ядерная физика. 1998. Т. 61. С. 263; А. И. Bondarenko A. I. et al // Phys. At. Nucl. 1998. V. 61. P. 214.
7. Adamovich M. I. et al. // Z. Phys. C. 1992. V. 55. P. 235.
8. Андреева Н. П. и др. // Ядерная физика. 1996. Т. 59. С. 110; Andreeva N. P. et al. // Phys. At. Nucl. 1996. V. 59. P. 102.
9. Лепехин Ф. Г. и др. // Ядерная физика. 1995. Т. 58. С. 881; Lepikhin F. G. et al. // Phys. At. Nucl. 1995. V. 58. P. 816.
10. Lepikhin F. G. et al. // Eur. Phys. J. A. 1998. V. 1. P. 137.
11. Адамович М. И. И др. // Ядерная физика. 1999. Т. 62. С. 1461; Adamovich M. I. et al. // Phys. At. Nucl. 1999. V. 62. P. 1378.
12. Adamovich M. I. et al. // Part. Nucl., Lett. 2002. V. 110. P. 29; nucl-ex/0206013.
13. Bradnova V. et al. // Few-Body Systems Suppl. 2003. V. 14. P. 241.
14. Браднова В. и др. // Ядерная физика. 2003. Т. 66 С. 1694; Bradnova V. et al. // Phys. At. Nucl. 2003. V. 66. P. 1646.
15. Адамович М. И. и др. // Ядерная физика. 2004. Т.67. С. 533; Adamovich M. I. et al. // Phys. At. Nucl. 2004. V. 67. P. 514.
16. Богданов В. Г. и др. // Письма в ЖЭТФ. 1986. Т. 44. С. 306.
17. Толстов К. Д. и др. Препринт ОИЯИ Р1-8313. Дубна, 1974.
18. Банник Б. П. и др. Сообщения ОИЯИ Р1-84-532. Дубна, 1984.

19. Банник Б. П. и др. // Письма в ЖЭТФ. 1984. т. 39. С. 184.
20. А. С. Давыдов, Теория атомного ядра, ГИЗ физ – мат. Литературы, Москва, 1958, с. 607.
21. С. А. Айвазян и др., Прикладная статистика, изд. «Финансы и статистика», Москва, 1989, с. 645.
22. В.Г. Воинов, И.Я. Часников «Многократное рассеяние частиц в ядерных фотоэмульсиях» Издательство «Наука» Казахской ССР, Алма-Ата 1969 г.
23. С.Пауэлл, П.Фаулер, Д.Перкинс. Исследование элементарных частиц фотографическим методом, ИЛ. М. 1962. С.91
24. Андреева и др., Препринт ОИЯИ P1-2004-91. Дубна. 2004
25. Voyvodic L., Pickup E. – “Phys.Rev.”, 1952, 85, 91.
26. A. M. Baldin and L. A. Didenko. Forscht. Phys. 38:261-332,1990.
27. V. Bradnova et al., Acta Physica Slovaca, **54**, pp. 351-365.
28. Банник Б. П. и др. Препринт ОИЯИ P1-13055. Дубна, 1980.
29. Интернет - ресурс: <http://becquerel.lhe.jinr.ru>