

**O'ZBEKISTON RESPUBLIKASI XALQ TA'LIMI VAZILIGI  
ABDULLA QODIRIY NOMLI JIJAX DAVLAT  
PEDAGOGIKA INSTITUTI**

**FIZIKA-MATEMATIKA FAKULTETI  
“UMUMIY FIZIKA”  
KAFEDRASI**

**“Himoya qilishda ruxsat beraman”  
Fizika-matematika fakulteti dekani  
\_\_\_\_\_ dots.Orzuqulov A  
\_\_\_\_\_ 2013y**

**5140200- “Fizika- Astronomiya” yo’nalishi bo’yicha bakalavr darajasini olish  
uchun**

**“3.25 GeV/c impulsli 16O<sup>p</sup>-to’qnashuvlarida 3H, 3He, 7Li va 7Be  
ko’zgu yadrolarining hosil bo’lishini o’rganish” mavzusida bajarilgan**

**BITIRUV MALAKAVIY ISHI**

**Bajaruvchi: “Fizika-Astronomiya” yo’nalishi  
IV kurs tolibi Xolmirzaeva Oynisa  
Ilmiy raxbar: o’q. Qurbonov A.R.**

**Ishni himoyaga tavsiya etaman:**

**o’q. Qurbonov A.R.**

(ilmiy rahbar ismi va sharifi)

\_\_\_\_\_ (imzo)

**BMI “Umumiy Fizika” kafedrasi yig’ilish qarori bilan  
(qaror \_\_\_\_\_ 2011y) himoyaga tavsiya etilgan**

**Kafedra mudiri: dots. Doniyorov Sh \_\_\_\_\_**

**Jizzax -2013**

# MUNDARIJA

|             |   |
|-------------|---|
| Kirish..... | 3 |
|-------------|---|

## 1-BOB. KO'ZGU YADRILARNING HOSIL BO'LISH USLUBI.

|                                                                   |    |
|-------------------------------------------------------------------|----|
| 1.1. Qayd qilgichlar va turlari.....                              | 5  |
| 1.2. Pufakchali vodorod kamerasining asosiy xarakteriskalari..... | 7  |
| 1.3. Voqealarni qarash, ajratish va o'lchash.....                 | 8  |
| 1.. Tezlatkich turlari.Sinxrofazatron.....                        | 13 |

## 2-BOB. 3.25 GeB/c impulsli $^{16}\text{O}$ - to`qnashuvida $^3\text{H}$ , $^3\text{He}$ , $^7\text{Li}$ va $^7\text{Be}$ kuzguli yadrolarining hosil bo`lishini o`rganish

|                                                                                                                                                                           |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 2.1.3.25 GeB/c impulsli $^{16}\text{O}$ - to`qnashuvida $^7\text{Li}$ va $^7\text{Be}$ kuzgu yadrolarining hosil bo`lishini o`rganish.....                                | 30 |
| 2.2. 3.25 GeB/c impulsli $^{16}\text{O}$ - to`qnashuvida $^7\text{Li}$ va $^7\text{Be}$ kuzgu yadrolarni tepki protonlar bilan birgalikda hosil bo`lishini o`rganish..... | 35 |
| 2.3. 3.25 GeB/c impulsli $^{16}\text{O}$ - to`qnashuvida $^3\text{H}$ va $^3\text{He}$ kuzgu yadrolarining hosil bo`lishini o`rganish.....                                | 37 |

|             |    |
|-------------|----|
| XULOSA..... | 44 |
|-------------|----|

|                                         |    |
|-----------------------------------------|----|
| FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO'YHATI..... | 46 |
|-----------------------------------------|----|

# KIRISH

Yadro tuzilishi va uning reaksiyalar oxirgi mahsuliga ta'siri, shuningdek yadro fragmentlari hosil bo'lishida zaryad almashinuv jarayonlaridagi roli haqidagi muhim ma'lumot manbalaridan biri relyativistik yadrolarning nuklonlar va yadrolar bilan poluinklyuziv va eksklyuziv reaksiyalarga maksimal yaqinlashgan kanallar uchun to'qnashuvlarni tadqiq qilish (to'liq geometriya sharoitida fragmentlarni to'liq aniqlanishi va ularning impulslari va uchish burchaklarini o'lchanishi bilan). Eksperimental ma'lumotlarga bunday talablarga kuchli magnit maydonida joylashtirilgan pufakchali kameralarni relyativistik yadrolar bilan nurlantirish yordamida bajariladigan eksperimentlar ko'proq mos keladi.

Ko'plamchi zarralar va yadro fragmentlari tuqilishi bo'yicha katta hajmli eksperiment materiallari mavjudligiga qaramasdan, shu vaqtga qadar yuqori energiyali adron- va yadro-yadro to'qnashuvlari bo'yicha eksperimental ma'lumotlar to'plamini miqdoriy tavsiflashi mumkin bo'lgan yakuniy nazariya yaratilmagan. Buning asosiy sababi adron- va yadro-yadro to'qnashuvlar hodisalarining o'ta murakkabligi, ularning ko'p bosqichli xarakterlari va rangli kvark-glyuon erkinlik darajasining namoyon bo'lishi, shuningdek reaksiya mahsulotlari bo'lgan fragmentlar va zarralarning turli xarakteristikalarini o'rtasidagi korrelyatsiya tadqiqotlarini o'tkazish imkoniyatini beruvchi poluinklyuziv va eksklyuziv yadro reaksiyalar kanallari bo'yicha eksperimental ma'lumotlarning etarli bo'lmaganligidadir.

Mazkur diplom ishining tadqiqot ob'ekti 3.25 A  $\Gamma\text{B/c}$  impulsli kislorod yadrosining proton bilan o'zaro ta'sirlashuvida parchalanish jarayonlaridir, tadqiqot predmeti esa yarim inklyuziv  $^{16}\text{O}$ -reaktsiyalarida ko'p nuklonli tizim va yadrolar,  $^3\text{He}$ ,  $^3\text{H}$ ,  $^7\text{Li}$ ,  $^7\text{Be}$  engil "ko'zgu" yadrolarning zaryadlangan pionlar tuqilishi va  $A \leq 4$  massa sonli fragmentlar bilan birgalikda hosil bo'lishidir.

Hozirgi paytda relyativistik yadrolar parchalanish jarayonida ko'p nuklonli tizim va yadrolar hosil bo'lishi etarlicha o'rganilmagan. To'liq geometriya sharoitida dastlabki

3 – 300  $\Gamma\text{B}$  energiyalar oraligida adron-yadro to'qnashuvlarida  $p^{12}\text{C}$ - (4.2  $\Gamma\text{B/c}$ ),  $p^{12}\text{C}$ - (9.9  $\Gamma\text{B/c}$ ),  $\pi^{-12}\text{C}$ - (4.0, 5.0, 40.0  $\Gamma\text{B/c}$ ),  $\pi^{-}\text{Xe}$ - (2.34  $\Gamma\text{B/c}$ ),  $\pi^{-20}\text{He}$ - (25.0, 50  $\Gamma\text{B/c}$ ),  $^{16}\text{O}p$ - (3.25 A  $\Gamma\text{B/c}$ ),  $p^{20}\text{He}$ - (300  $\Gamma\text{B/c}$ ) ta'sirlashuvlarda protonlar-fragmentlarining hosil bo'lishi va ularning alohida universal xossalrigina etarlicha yaxshi o'rganilgan. O'rtacha ko'plamchiligi va inklyuziv kesimida aniqlangan  $A \leq 4$  fragmentlarning hosil bo'lishi bo'yicha kam sonli ma'lumotlar mavjud, ularning impulsleri va burchak spektrlari olingan, hosil bo'lish asosiy mexanizmlari, shuningdek, alohida shakllanish chegaraviy tartiblari o'rnatilgan.

# **1-BOB. KO'ZGU YADRILARNING HOSIL BO'LISH**

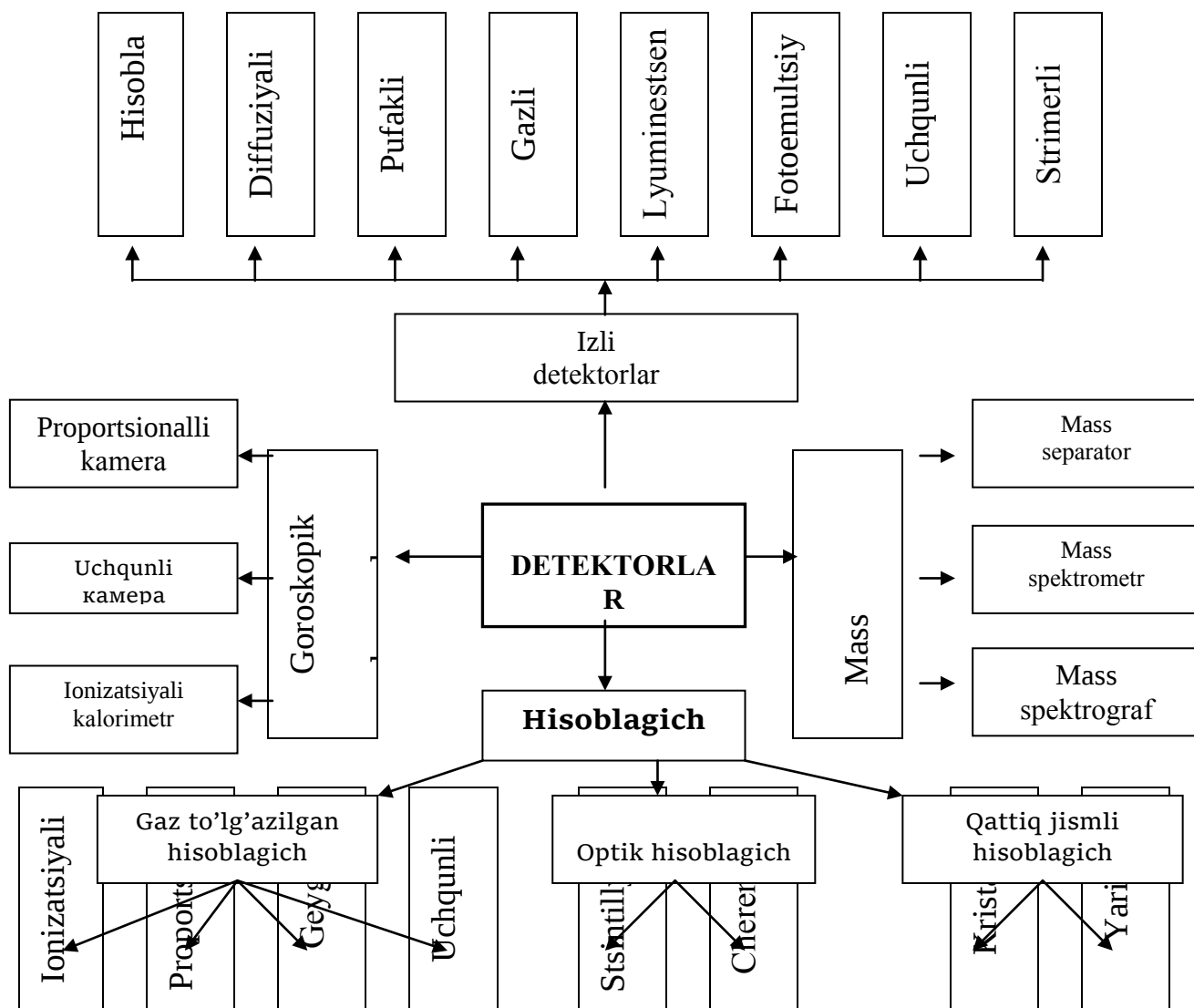
## **USLUBI.**

### **1.1. Qayd qilgichlar va turlari**

Zarralarni qayd qilishlik detektorlar yordamida amalga oshiriladi.

Detektorlarni ikkita toifaga – hisoblagichlar va zarralar izlarini hosil qiluvchilarga ajratish mumkin. Zarralar hisoblagichlarda elektr impulsi hosil qilishga, bu bilan zarralar oqimini, massa, zaryad, tezlik va energiyalarni va h.k. aniqlash mumkin.

Izli detektorlarda zarra izini, harakat yo'nalishini boshqa zarra, yadrolar bilan to'qnashuv jarayonlarini, yemirilish va boshqa ko'plab ta'sirlashuv xususiyatlarini aniqlash mumkin. Zaryadsiz zarralar muhit bilan ta'sirlashganda ionizatsiya hosil qilishmaydilar, bu zarralarni ta'sirlashuvida hosil bo'luvchi ikkilamchi zaryadli zarralarga ko'ra qayd qilinadi.



Hisoblagich detektorlarning asosiy xususiyatlari:

1. Effektivligi – hisoblagichda qayd qilingan zarralar sonining hisoblagichga kelib tushgan zarralar soniga nisbati foiz hisobida  $\varepsilon = \frac{N_k}{N_T} = 100\%$ , bu yerda  $\varepsilon$  - effektivlik,  $N_k$  - hisoblagich qayd qilgan zarralar soni,  $N_T$  - hisoblagichga kelib tushgan zarralar soni.

2. Vaqt bo'yicha ajrata olish qobiliyati – bu shunday vaqt oralig'iki, bu vaqtda detektorga kelib tushgan zarralarni alohida-alohida ajrata olish uchun kerak bo'lgan minimum vaqtdir.

3. Energiya ajrata olish qobiliyati.

Izli detektorlar xususiyatlari:

1. Effektiv hajm – effektiv hajm oshsa zarra izlari va yemirilish jarayonlari izlari to'la joylashadi. Kameradan chiqib ketishmaydi.
2. Vaqt birligida ishchi sikl soni. Detektor qancha tez ishchi holatiga qaytsa shuncha yaxshi.
3. Sezgirligi. Eng kichik ionlashtirishlarni seza olishi.
4. Boshqarilishi.
5. Tajriba natijalarini yengil va tezda qayta ishlash. Masalan, fotografik usullarda izlarni olish va qayta ishlash uzoq muddatli qiyin ishlardir.
6. Iqtisodiy ko'rsatkichi. Ayrim kameralar narxi juda qimmatligi uchun jahondagi bir nechagina laboratoriyalar mavjud.

Hozirgi vaqtda ko'plab detektorlar mavjud, muhim turlari 1-jadvalda keltirilgan.

## **1.2. Pufakchali vodorod kamerasing asosiy xarakteriskalari.**

1 metrlik pufakchalik vodorod kamerasi 3.25 A GeV/c impulsli relyativistik kislorodlar oqimi bilan birlashgan yadro tadqiqotlari instituti, yuqori yenergiyalar fizikasi sixrofazatroni yordamida nurlantiridi.

Tezlashtirilayotgan birlamchi kislorod yadrosi oqimi ichida boshqa yadrolarning (  $^{12}\text{C}, ^{14}\text{N}$  ) ulushi 15% ni tashkil qiladi. Kamera magnit maydonga joylashtirilgan bo'lib, magnit maydon kuchlanganligi  $H = 18.5$  kGauss ni tashkil qiladi. Kuchlanganlikning vertikal tashkil etuvchisi  $H_z$  bir jinsli bo'lmaganligi uchun kuchlanganlikning uchta komponentalari  $H_x$ ,  $H_y$ ,  $H_z$  qiymatlari o'lchandi. Ishchi suyuqlikning ( vodorodniki ) zichligi  $\rho = (0.05584 \pm 0.0001) \text{ g/cm}^3$  ga teng.

Vodorod kamerasining ( VPK – 100 ) ishchi hajmi 4 ta fotokamera yordamida su'ratga olindi. Bu kameralarning optik o'qlari bir – biriga parallel joylashgan bo'lib, rasmga tushirish bazislari VPK- 100 ning ko'ndalang yo'nalishi bo'yicha 500 mm ni boylama yo'nalishi bo'yicha 310 mm ni tashkil qiladi. VPK – 100 ning rasmga oluvchi hajmi  $960 \times 360 \times 295 \text{ mm}^3$  ni tashkil qiladi.

### **1.3. Voqealarni qarash, ajratish va o'lchash**

VPK -100 da olingan stereofotografiyalarni qarash elektr zaryadi saqlanishini ( ikkilamchi zarralar zaryadlari yig'indisi 9 ga teng bo'lishi kerak ) hisobga olgan holda amalga oshiriladi. Har bir to'qnashular uchun ikkilamchi zarralarning to'liq soni,  $V_0$  – zarralar soni, Dalitsa juftligi soni, musbat bir zaryadli zarralar soni va zaryadlari  $8 > Z > 2$  bo'lgan birlamchi yadro fragmentlari soni aniqlandi.

“ Voqealarni ” tanlab olishda, har bir qayd etilgan birlamchi “ yulduzda ” quyidagi xarakteriskalar aniqlandi :

$n_-$  - manfiy zaryadli zarralar soni, identifikatsiyalangan elektronlardan tashqari;

$n_+$  - musbat zaryadli zarralar soni, identifikatsiyalangan proton va pozitronlardan tashqari ;

$n_p$  - identifikatsiyalangan protonlar ning  $20 < R < 1200$  MeV/c intervaldagi soni.

Identifikatsiyalash - kamera moddasi ichidagi erkin yugurish yo'li bo'yicha, ionizatsiya bo'yicha va  $b$  - elektronlar bo'yicha, kameradagi protonlarning minimal uzunligi 3 mm, bu esa impuls bo'yicha proton uchun 140 MeV/c;  $n_+$ ,  $n_-$ ,  $n_q$ ,  $n_p$  - ikkilamchi zaryadlangan zarralar "ko'pligi".

$n_q$  - identifikatsiyalangan protonlar soni, lekin  $Q_{lob} > 90^0$ , ya'ni orqaga qaytgan protonlar soni;

$n$  - [ - kvantlar soni, ular  $e^+ e^-$  juftlik hosil qiladi. ]

$n_{v0}$  - neytral "g'alati" zarralarning parchalanishini vizual kuzatilgan soni;

$n_N$  - birlamchi to'qnashuvda hosil bo'lgan ikkilamchi "yulduzcha" lar soni, ular neytral adronlar tufayli hosil bo'ladi.

Hamma topilgan "yulduzcnalar" to'qnashuv turiga qarab;  $n_-$ ,  $n_+$ ,  $n_p$ ,  $n_{pv}$  va ular  $Q_i$  zaryadiga qarab, barion soni va energiya impulsiga qarab identifikatsiyalanadi.

Qarashdan keyin ajratib olingan voqealarni o'lchash EXM larda birdaniga chiqishiga moslashtirilgan yarimavtomatli qurilma – PIK ( qarash o'lchash qurilmasi ) lar yordamida amalga oshiriladi. O'lchashlarning matematik qayta ishlashi to'qnashuvlarni geometrasini hisobga olib tuzilgan maxsus modifikatsiya qilingan dastur asosida amalga oshiriladi.

Ilgari ishlatib kelingan, sinovdan o'tgan maxsus ishlab chiqilgan matematik qayta ishlash protsedurasi maxsulotidan: ZINPUT – GEOMOR – CLPHOP – PASPORT – COLLDS – DSTWRTOP dan foydalanildi. Bu yerda qarashda olingan ma'lumotlar, dastlabki metodik taqsimotlar, xatolar royxati va boshqa parametrlar hisobga olinadi.

Bu dastur "voqeani" fazoda aynan tiklab beradi va ikkilamchi zarralar parametrlarni aniqlaydi, shuningdek  $v_0$  - zarra va - kvantlarni kinematik

ishlab beradi. Zarralarning traektoriyasini geometrik tiklash ikkita proeksiyada koordinatalarni ( nuqtalarni ) o'lchash natijalariga ko'ra olinadi.

O'lchangan traeklar uchun quyidagi parametrlar aniqlandi.  $p$  - laboratoriya sistemasida zarra impulsi,  $\tan \alpha$  - burchak tangensi, ya'ni iz yo'nalishi va XOY o'rtasidagi burchak. Zarra impulsi magnit maydonda izning egriligidan hisoblanadi va albatta ionizasion va radiatsion yo'qotishlar hisobiga olinadi. Hamma qiymatlar boshlang'ich, birlamchi yaqinlashish hisoblanadi.

$r$ ,  $\alpha$ , va  $\tan \alpha$  parametrlarning optimal qiymatlari minimizatsiyalash yo'li bilan topiladi

$$2 = (y_{ei} - y_i) G_{i-1} (y_{ej} - y_j)$$

Bunda  $y_{ei}$  va  $y_{ej}$  - o'lchangan,  $y_i$  va  $y_j$  - izlanayotgan parametrlar qiymati;  $G_{i-1}$  - matritsa, o'z ichiga o'chash xatoligi, kulon sochilishi, ionizasion yo'qotishlar, tormozlanish nurlanish fluktasiyasi va magnit maydoni nobir jinsligi kabi parametrlarni oladi,  $N$  - o'lchangan nuqtalar soni. Alohida bir traekni o'lchash sifatida va funktsionallari qiymatiga bog'liq bo'ladi. Birinchisi  $r$  va  $\alpha$  ning optimal qiymatlarini hisoblashdagi aniqlikni xarakterlaydi, bo'lsa  $\tan \alpha$  - ning aniqlikdagi aniqligi. Yaxshi o'lchash natijalarini olish uchun  $X^2$  qiymatlar bo'yicha ikkilamchi zarralar treklar taqsimoti olindi. Bu hisob-kitoblar asosida  $2x_u$ ,  $2z < 3.5$  deb tanlab olindi. Ularning qiymatlari esa

Aslida, nazariy jihatdan  $\langle 2 \rangle = 1$  bo'lishi kerak edi. Yuqoridagi kriteriyalarda mos keluvchi treklar uchun impuls va uchib chiqish burchalari xatoliklari hisoblandi.

Protonlar va  $+$  - mezonlar uchun taqsimotlar  $p < 1.25 \text{ GeV}/c$  impulsar uchun olindi. Hamma manfiy zaryadga ega bo'lgan zarralar  $-$  - mezonlar deb hisoblandi, chunki birlamchi  $p_0 < 3.25 \text{ A GeV}/c$  impulslarda K- - mezonlar va prorton - antiproton juftliklar paydo bo'lishini hisobga olmaslik mumkin.

Bunday tadqiqotlar uchun o'lgan xalqaro ilmiy markazlarning tashkil qilinganligi tasodifiy hol emas. Jenevadagi Yevropa tadqiqotlari markazi (SERN, Shveysariya) va Dubnadagi Birlashgan Yadro tadqiqotlari instituti (OIYaI, Rossiya Federasiyasi).

Ishlarda tashkilotning hamkor davlatlari bilan bir qatorda dunyoning ko'pgina davlatlari ham ishtirok etmoqda. Energiyaning yangi cho'qqilariga yorib o'tish LNC tomonidan amalga oshiriladi!

Bu tezlatgichning ishga tushirilishi bilan SERN yuqori energiyalar sohasi xalqaro markaziga, LHC esa bu fanning xalqaro ilmiy hamjamiyatida yo'lboshchilik ramziga aylanadi.

d) Zarralar fizikasi uchun yuqori saviyadagi kompyuterlashtirish va tadqiqotlarning hamma bosqichlarida kompyuter texnologiyalari qo'llanilishining ilg'or madaniyati xosdir. Mukammallashgan kompyuter texnikasi va mos dasturiy ta'minot har qanday zamonaviy eksperimentning ajralmas tashkil etuvchi qismi hisoblanadi. Kompyuter va mikroprosessorlar zaruriy axborotlarni ajratib olishni boshqarish, uning sifatini nazorat qilish, ma'lumotlarni tashqi yig'uvchilarda saqlab qolish va bu axborotlarni real vaqt masshtabida on line deb nomlanuvchi rejimda dastlabki qayta ishlashni amalga oshiruvchi zamonaviy tajriba qurilmalarining muhim tashkil etuvchilari hisoblanadi. Tajriba natijalari tahlili va keyingi qayta ishlari off line rejimida quvvatli, imkoniyatlari yuqori bo'lgan hisoblash komplekslaridan foydalanilgan holda bajariladi. Zarralar fizikasi bo'yicha tajribalarning zamonaviy metodikasi va ularga axborotlar tushish tezligi va hajmining juda yuqoriligi har qanday nuqtadan ma'lumotlar bilan ishlash

imkoniyatini beruvchi yuqori tezlikka ega global (yalpi) hisoblash tarmoqlaridan foydalanish zaruriyatini talab qiladi.

Kompyuter tarmoqlarining rivoji va mukammallashuvi ilmiy hamjamiyatda SERN xodimlari tomonidan katta xalqaro kollaborasiyalarni tashkil qilish va ularning samarali ishlashi uchun “dunyo o’rgamchak uyasi” nomi bilan ma’lum bo’lgan axborot almashinuvining sifat jihatidan yangi turini yuzaga keltirdi. Kompyuterli Internet tarmoqda ishlovchi bu tizimda axborotlar qayerdan olingan bo’lsa o’sha joyda saqlanadi. Ma’lumki, ko’plab davlatlarni o’z ichiga qamrab olgan WWW tizimi bugungi kunda fandan tashqarida ham keng qo’llanilmoqda.

LHC ning ishga tushirilishi bilan yuqori energiyalar fizikasi sohasida qayta ishlash kerak bo’lgan axborotlar hajmi keskin oshadi. Shuning uchun Crid texnologiyasi yangi avlodining global tarmog’i ishlab chiqilmoqda. Vaqti kelib u insoniyat faoliyatining turli xil sohalarida keng qo’llanila boshlaydi.

e) Yaratilayotgan tezlatgichlar, tajriba qurilmalari va olingan axborotlarni qayta ishlash tizimlari zamonaviy texnika imkoniyatlari chegarasi, ko’p hollarda chegaradan tashqariga to’g’ri kelayapti. Bu narsa ko’plab amaliy tadqiqotlar rivojlanishi, yuqori aniqlikdagi texnologiyalar va yangi texnik qurilmalar yaratish zarurligini talab qiladi. Shuning uchun zarralar fizikasi bugungi kunda hech qanday amaliy qo’llanish sohasiga ega bo’lmasada texnika taraqqiyoti rivojlanishi uchun rag’batlantiruvchi omil hisoblanadi.

f) Tajriba tadqiqotlarining o’zida nafaqat turli xil institut, universitet va ilmiy laboratoriyalar, balki turli davlatlar va qit’alar mutaxassislarini birlashtiruvchi katta jamoa ishtirokida amalga oshirilishi juda aniq tashkil

Bu bo`limda tajriba natijalarini olish uslubi atroflicha tavsiflangan, birlamchi yadro dastasi va bir metrli vodorodli pufakchali kamera (VPK) asosiy xarakteristikalar berilgan, impuls va burchaklarni o`lchash xatoliklari, eksperimental materiallar statistikasi, noelastik kesimi, fragmentlarning massa sonlari bo`yicha taqsimotlari, izotoplar tarkibi va 3.25 A  $\Gamma$ B/c impulsli  $^{16}\text{O}$ -to`qnashuvlarida  $Z_{\text{fr}} = 1-4$  zaryadli parchalar hosil bo`lishi inklyuziv kesimlari keltirilgan. Massalari bo`yicha fragmentlar identifikatsiyasi uchun laboratoriya koordinatalar sistemasidagi quyidagi impuls oraliqlari kiritilgan:  $1.75 < p < 4.75$   $\Gamma$ B/c oraliqdagi bir zaryadli fragmentlar protonlar hisoblanadi,  $p = 4.75-7.75$   $\Gamma$ B/c oraliqdagilar  $^2\text{H}$  ga va  $p > 7.75$   $\Gamma$ B/c oraliqdagilar  $^3\text{H}$  yadrosiga tegishli.  $p < 10.75$   $\Gamma$ B/c oraliqdagi ikki zaryadli fragmentlar  $^3\text{He}$  ga tegishli,  $p > 10.75$   $\Gamma$ B/c oraliqdagilar esa –  $^4\text{He}$  ga tegishli.  $p < 21.25$   $\Gamma$ B/c impulsli uch zaryadli fragmentlar  $^6\text{Li}$  yadrosiga tegishli,  $21.25 < p < 24.5$   $\Gamma$ B/c oraliqdagilar  $^7\text{Li}$  ga,  $p \geq 24.5$   $\Gamma$ B/c oraliqdagilar esa  $^8\text{Li}$  ga.  $p < 25.75$   $\Gamma$ B/c impulsli to`rt zaryadli fragmentlar  $^7\text{Be}$  yadrosiga tegishli, impuls spektri boshlanishi  $^7\text{Be}$  yadrolari impuls spektri oxiri bilan yopilishi mumkin bo`lgan berilliy yadro izotoplari orasida  $^8\text{Be}$  turg`un yadrolari mavjud emas.

### 1.3. Tezlatkichlar Sinxrofitatron.

Shunday qilib, yadroviy reaksiyani hosil qilish uchun yadrolarni katta energiyali zarralar yoki yadrolar bilan bombardimon qilish kerak. Bunday yuqori energiyali zarralar radioaktiv yemirilishda hosil bo`ladi. Masalan, alfa-radioaktiv yadrolar yemirilishida 4-9 MeV energiyali alfa-zarralar ham uchraydi. Lekin intensivligi kam bo`lganligi uchun ulardan yadroviy reaksiylarni o`rganishda foydalanib bo`lmaydi.

Yadro va elementar zarralar xususiyatlarini keng o'rganishlik uchun yuqori energiyagacha tezlatib beruvchi tezlatgichlar yaratilishi juda muhim hisoblanadi.

Hozirgi vaqtda yaratilgan tezlatgichlar yordamida turli xil reaksiyalar o'tkazilmoqda.

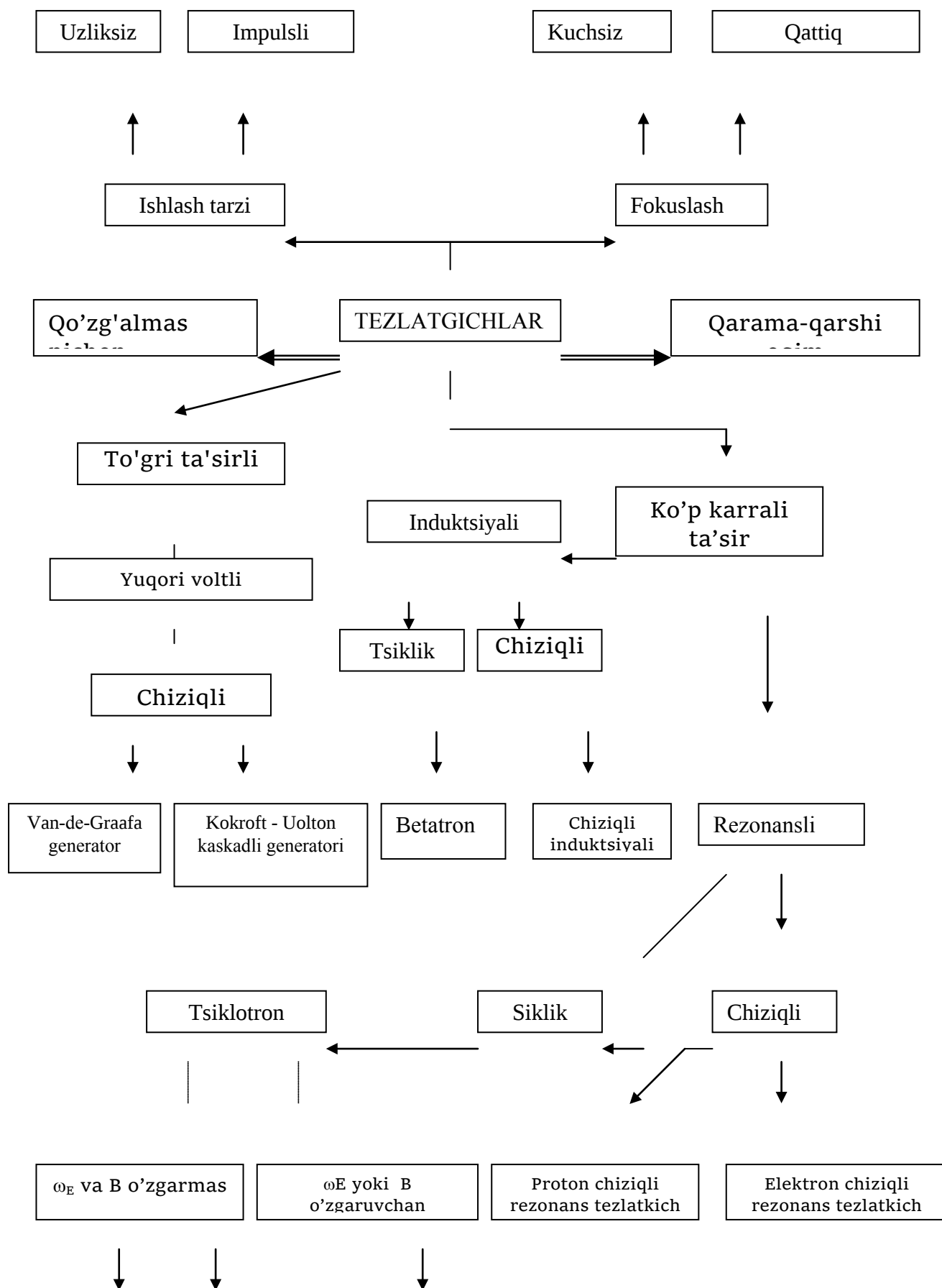
Yadro tuzilishini o'rganish, yadro reaksiyalarini amalga oshirish hamda elementar zarralar xususiyatlarini aniqlash va boshqa ko'plab muammolarni hal qilishlik uchun yuqori energiyagacha tezlashtirilgan katta oqimdagi zarralar dastasi talab etiladi.

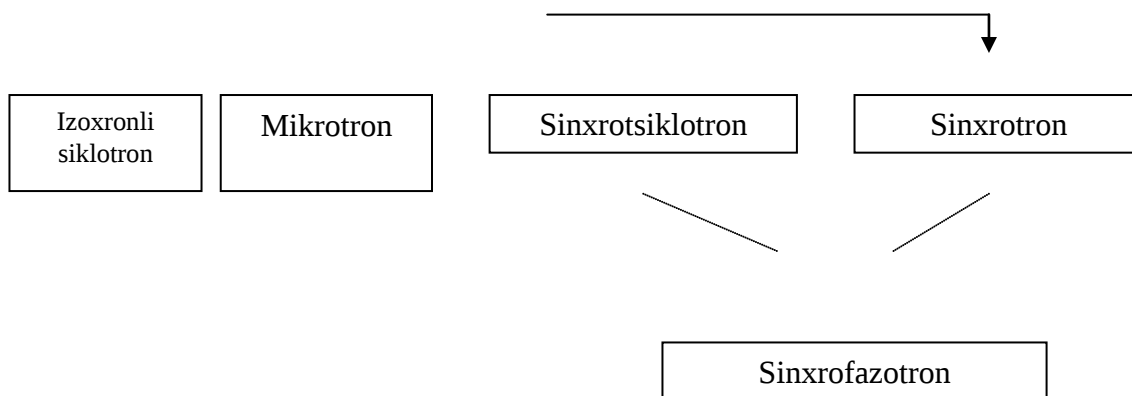
Tezlatgichlar 1930 yillardan boshlab qurila boshlandi. Dastlabki tezlatgichlar energiyalari MeV bo'lsa, hozirgi vaqtda bir necha GeV energiyagacha yetkazildi. Zaryadli zarralarni tezlatish odatda elektr maydonda yoki elektr va magnit maydonlar birgalikda amalga oshiriladi.

Tezlatgichlar tezlashtiruvchi maydon turiga qarab zarralar oqimini fokuslashi, tezlashtirilayotgan zarralar xili, erishgan energiyalariga ko'ra turlicha nomlar bilan ataladilar.

Tezlatgichlarning turlari 1-jadvalda keltirilgan

1-jadval





To'g'ri ta'sirli tezlatgichlar zarra maydonidan o'tishda bir marotaba energiyasini oshirsa, ko'p karrali ta'sirli tezlatgichlarda esa shu maydondan zarra bir necha marotaba energiya orttirmasi oladilar. Yuqori voltli tezlatgichda energiya orttirmasi potentsiallar ayirmasiga to'g'ri kelsa, induktsiyali tezlatgichda magnit oqimi o'zgarishiga mos keluvchi uyurma elektr maydoni, rezonans tezlatgichlarda esa yuqori chastotali o'zgaruvchi elektr maydoni kattaliklariga mos keladi. Chiziqli tezlatgichlarda zarralar to'g'ri chiziq bo'ylab harakatlansa, siklik tezlatgichlarda aylana yoki spiralsimon harakatlanadilar.

Uzluksiz oqimli tezlatgichlar zarralar oqimi o'zgarmas bo'lishsa, impulsdarida esa zarra dastasi ma'lum vaqt oralig'ida tezlashtiriladi.

Odatda tezlashtirilgan zarralar qo'zg'almas nishonga yo'naltiriladi. Qarama-qarshi oqimda tezlashtirilganda o'zaro massalar teng ma'lum impulsiga ega bo'lgan zarralar bir-birlariga qarama-qarshi yo'nalishda ta'sirlashadilar.

Barcha tezlatgichlarda zarralarni tezlatish jarayonida fokuslab turishlik lozim. Ko'ndalang radial va vertikal tekislik bo'yicha fokuslash magnit maydonining radius bo'yicha kamayib borishi bilan amalga oshiriladi. Bunda

magnit maydonining pasayishi darajasi  $0 < n < 1$  oralig'ida bo'ladi. Bu xil fokuslashga yumshoq (kuchsiz) fokuslash deb ataladi. Bu xil fokuslashda vakuum kamera va magnit o'lchami oshib ketadi, natijada tezlatgich narxining juda yuqori bo'lishiga olib keladi. Juda yuqori energiyali tezlatgichlarda kuchli fokuslash usuli qo'llanilmoqda, bunda zarralar oqimi turli magnit qismlaridan o'tishda har xil ishorali katta gradient maydonga keladilar. Zarralar oqimi gorizonta va vertikal yo'nalishlar bo'yicha ketma-ket fokuslanib, defokuslanadilar.

Rezonans tezlatgichlarda zarralar oqimi bo'ylama yo'nalish bo'yicha ya'ni zarralar aylanish chastotasi bilan tezlashtiruvchi elektr maydoni chastotalarining rezonansini ta'minlash elektr maydon chastotasini yoki magnit maydonni vaqt bo'yicha o'zgarishlik bilan amalga oshiriladi.

Tezlatgichlarda zarralar energiyasi va zarralar oqimi intensivligi muhim xususiyati hisoblanadi. Intensivligini oqim tok kuchi  $I = qN$  bilan ifodalanadi.

Siklik tezlatgichlarda tezlashtiriladigan zarralar tezlashtiruvchi maydonga takror-takror kiritilib, energiyasini oshirib boradi.

Birinchi tezlatgichlardan siklotron 1930 yili Lorens (1901-1958) tomonidan qurildi.

Siklotron (sxemasi 1-rasmda keltirilgan) ikkita A, B duant, ionlar manbai, tezlashtiruvchi yuqori chastotali elektr kuchlanish manbai, magnit maydonlaridan iborat. Duant magnit qutblari orasiga joylashtirilgan. Elektr maydoni duantlar uchlariga beriladi. Ion (zaryadli zarralar) ion manбайдan chiqishi bilan duantning manfiy qutbiga tortilib, energiyasini oshiradi, bu ion magnit maydon ta'sirida duant ichkarisida yarim aylana shaklida aylanadi, yarim davr  $T/2$  oralig'ida qarama-

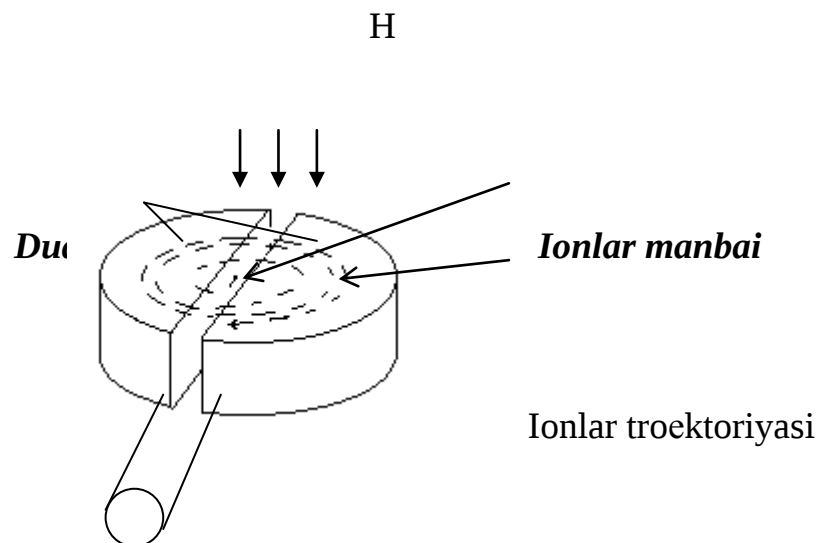
qarshi duant chegarasiga keladi, bu paytda duant ishorasini o'zgartiradi yana energiyasini oshiradi va h.k. Shunday qilib, siklotronda ion (zarra) rezonans energiyasini orttirib borishligi uchun elektr maydon chastotasi ion (zarra)ning duant ichida aylanish chastotasiga mos kelishligi talab etiladi.

Siklotronda elektr maydoni ion(zarra)ga tezlanish beradi

$$F_E = eZE \cdot 10^7 \text{ dina} \quad (1.1)$$

Bunda  $eZ$ -ion zaryadi,  $E$ -elektr maydon kuchlanganligi, magnit maydoni esa ion (zarra)larni egadi (buradi).

$$F_H = 0,1eZ \vartheta H \quad (1.2)$$



~ Yuqori chastotali kuchlanish manbai.

1 rasm

Bunda  $\vartheta$ -zarra tezligi, H-magnit maydon kuchlanganligi.

Ma'lumki, egri chiziqli harakatda markazdan qochma kuch vujudga keladi

$$F_{mq} = \frac{m\vartheta^2}{R} \quad (1.3)$$

(7.12) va (7.13) kuchlar o'zaro teng bo'lishi kerak.

$$0,1eZH = \frac{m\vartheta^2}{R} \quad \text{bundan} \quad 0,1eZH = \frac{m\vartheta}{R} \quad (1.4)$$

$$\frac{\vartheta}{R} = w \text{ ekanligini e'tiborga olib } w = \frac{0,1eZH}{m} \quad (1.5)$$

(1.5)w-zarraning duantda aylanish chastotasi  $w_3$  ni ifodalaydi. Siklotronda ion T/2 davr ichida energiyani oshirib spiralsimon harakat qiladi. Rezonans ravishda energiyani oshirib borishligi uchun zarra aylanish chastotasi  $w_3$  har doim tezashtiruvchi generator chastotasi  $w_3$  ga teng bo'lishi kerak. Tezashtiruvchi elektr maydon kuchlanishi 100 kV lar bo'ladi.

Siklotronda zarra maksimum energiyasi tezlatuvchi maydon kattaligiga bog'liq bo'lmasdan, magnit maydon kuchlanganligi N va radius R ga bog'liq.

Haqiqatdan ham  $\vartheta = wR$ , kinetik energiya

$$E = \frac{1}{2} m w^2 R^2 = \frac{1}{2} \cdot \frac{(eHR)^2}{mc^2} \quad (1.6)$$

Agar  $H=15$   $\kappa$ Gs,  $R=0,4$  m bo'lsa, proton tezlashtirilsa ( $m_p c^2=938$  MeV), siklotronda proton maksimum kinetik energiyasi

$$E = \frac{(4,8 \cdot 10^{-10} \cdot 1,5 \cdot 10^4 \cdot 40)^2}{2 \cdot 938 \cdot 10^6 \cdot 1,6 \cdot 10^{-12}} \text{eng} = 17 \cdot 10^6 \text{ eV} = 17 \text{ MeV}$$

Siklotronda zarralar energiyasini cheksiz oshirib borish mumkin emas, chunki zarra energiyasi oshishi bilan massasi relyativistik oshib, zarraning aylanish chastotasi  $w_3$  kamayishiga olib keladi, natijada tezlashtiruvchi maydon chastotasi  $w_g$  orasidagi moslikni buzilishiga rezonans yo'qolishiga olib keladi.

Bundan (1.5) ifodadan ko'rinadiki, siklotron yengil zarralarni (elektron) tezlashtirishga yaroqsiz, chunki yengil zarra tezda massasini relyativistik oshiradi. Siklotron proton, alfa-zarra, og'ir ionlarni tezlashtirishga hosdir.

**Sinxrotsiklotron** – siklotronning modifikatsiya qilingan varianti. Bunda siklotrondan farqli ravishda tezlashtiruvchi elektr maydon chastotasi zarra aylanish chastotasining kamayishiga mos ravishda kamayib boradi.

Tezlatish jarayonida zarralar barqaror oqimini avtomatik ravishda hosil qilish avtofazirovka printsipini 1944-1945 yillari V.I.Veksler (1907-1966), Mak-Millan (1907 y.t.) lar ishlab chiqishdilar.

Zarra aylanish chastotasi kamayishi avval bayon qilinganidek massasining relyativistik oshishi va magnit maydonining birmuncha kamayishi sababidan

sinxrotsiklotron impuls tarzida ishlaydi, zarralar oqimi intensivligi siklotrondagidan birmuncha kichik, bu tezlatgich ham og'ir zaryadli zarralar proton, deytron, alfa, ionlarni 1 GeV energiyagacha tezlashtiradi.

Sinxrotsiklotronda zarra tezlashtiruvchi kamera markazidan chetlarigacha spiralsimon aylanib boraveradi. Energiyasi oshishi bilan kamera o'lchami ham oshib boradi, kameraning to'la hajmi magnit qutblari orasida turishi kerak, bu esa ko'p tonnalab temir elementini bo'lishligini talab etadi, qurilmaning tannarxining keskin oshib ketishiga olib keladi.

Sinxrotsiklotronda zarra maksimum energiyasi  $W \sim 1$  GeV dan oshmaydi, chunki tezlashtiruvchi elektr maydoni chastotasining keskin kamayishi imkon bermaydi. Bundan tashqari zarra orbitasi oshib borishi bilan magnit maydoni kamayishi juda katta radiusni tashkil etadi. Masalan: sinxrotsiklotronda zarra energiyasi  $W \sim 10$  GeV bo'lsa, magnit maydoni  $H$  kamayishi 20%, dastlabki  $H_0 = 18\,000$  erst dan  $H = 14\,500$  erst gacha kamayadi, radiusi  $R = 25$  m bo'lib, magnit massasi  $\sim 1,5 \cdot 10^6$  t bo'ladi. Shuning uchun energiyasini oshirishning boshqa bir usuli sinxrofazotronda zarrani o'zgarmas radiusda tezlatishdir.

Sinxrofazotronda zarrani o'zgarmas radiusda tezlatish uchun

$$R = \frac{\sqrt{W(W + 2E_0)}}{300ZH} = \text{const}$$

bo'lishi kerak, ya'ni energiya oshishi bilan magnit maydoni kuchlanganligi  $H$  ham oshib borishi lozim.

Sinxrofazotronda zarra aylana halqada va to'g'ri chiziqli harakatda qatnashadi, tezlashtiruvchi rezonator halqa va to'g'ri chiziqli bo'laklar orasiga joylashgan.

Tezlashtirilayotgan zarralar o'zgarmas orbitada harakatlanishi uchun orbitaga yetarli darajada tezlashtirilib injeksiya (purkash) qilinadi. Sinxrofazotron maksimum energiyasi injeksiya energiyasiga bog'liq.

$$\frac{W_i(W_i + 2E_0)}{H_i^2} = \frac{W(W + 2E_0)}{H^2} \quad (1.7)$$

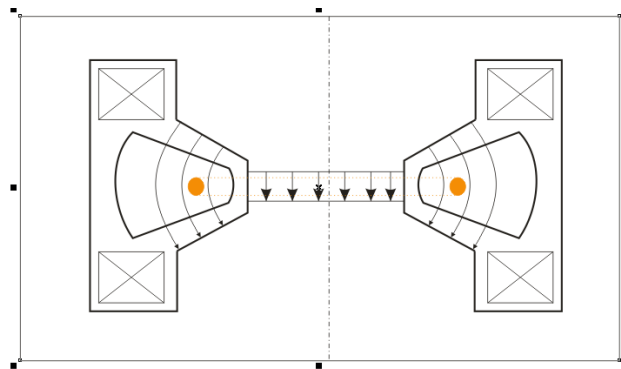
Bu yerda  $W_i$  –injeksiya energiyasi,  $W$ -sinxrofazotron maksimum energiyasi,  $H$ -lar mos ravishda magnit maydon kuchlanganligi.

$W_i \ll W$  ekanligini e'tiborga olib (1.7) ifodadan

$$W_i = \frac{W(W + 2E_0)}{2E_0} \frac{H_i^2}{H^2} \quad (1.8)$$

kelib chiqadi.

Injektsiya energiyasi qancha oshsa, sinxrofazotron energiyasi kvadratik marotaba oshib boradi.



Betatronlarda zarralar energiyasi ko'pi bilan 300 MeV gacha yetkazish mumkin. Hozirgi vaqtda 100 lab betatronlar ishlab turibdi. Betatron rezonans bo'lmagan tezlatkichlar bo'lib, 1940 yilda Kerst tomonidan kashf etilgan.

Bunda zarrachalar energiyasini o'zgarmas orbitada induksion elektr yuritguvchi kuch yordamida oshiriladi. Buni shu kuch ta'sirida halqada zarracha tezlanish oladi. Ma'lumki uyurma elektr maydon kuchlanganligi magnit oqimi o'zgarishi hamda magnit maydon kuchlanganliklari bilan quyidagicha bog'langan:

$$E = \frac{10^{-8}}{2\pi} \frac{d\Phi}{dt} = \frac{\pi R^2 10^{-8}}{2\pi R} \frac{dH_m}{dt} = \frac{R}{2} \frac{dH_m}{dt} 10^{-8} \frac{V}{sm}$$

Uyurma elektr maydon kuchlanganligi tufayli hosil bo'lgan Lorens kuchi quyidagicha

$$F_E = eZE \cdot 10^7 = eZ \cdot 10^7 \frac{R}{2} \frac{dH_m}{dt} 10^{-8} = 0,1 \cdot \frac{eZR}{2} \frac{dH_m}{dt}$$

Magnit oqimi  $0 \div t$  oralig'ida  $0 \div H_{\max}$  gacha o'zgarib borsa u holda Lorens kuchini quyidagicha yoza olamiz;

$$\int_0^t \frac{d(m\mathcal{G})}{dt} = 0,1 \cdot \frac{eZR}{2} \int_0^{H_m} \frac{dH_m}{dt}$$

$$F_E = \frac{d(m\mathcal{G})}{dt} = 0,1 \cdot \frac{eZR}{2} \frac{dH_m}{dt} \quad H = kt, \quad dH = kdt, \quad k = \frac{dH}{dt}$$

$$F_E = eZE \cdot 10^7 = eZ \cdot 10^7 \frac{R}{2} \frac{dH_m}{dt} 10^{-8} = 0,1 \cdot \frac{eZR}{2} k$$

Zarracha kuch tasirida o'zgarmas orbitada tezlanuvchan harakat qiladi.

$$a = \frac{F_E}{m} = 0,1 \frac{eZR}{2m} k, \quad t^2 = \frac{H^2}{k^2}$$

Zarracha bosib o'tgan yo'l

$$L = \frac{at^2}{2} = 0,1 \frac{eZR}{2 \cdot 2m} kt^2 = 0,1 \frac{eZRk}{4m} \frac{H^2}{k^2} = 0,1 \frac{eZR}{4m} \frac{H_{\max}^2}{k}$$

Zarracha Lorens kuchi ta'sirida tezlanuvchan harakatlanib erishgan energiyasi

$$W = EL = \frac{R}{2} \frac{dH_{\max}}{dt} 10^{-8} \cdot 0,1 \cdot \frac{eZR}{4m} \frac{H_{\max}^2}{k} = \frac{eZR^2}{8m} \frac{H_{\max}^2}{k} 10^{-9} = \frac{eZR^2 H_{\max}^2}{gm} 10^{-9}$$

Bundan ko'rinadiki zarrachaning Betatronda erishgan energiyasi magnit maydon kuchlanganligining kvadratiga to'g'ri massasiga esa teskari proposional oshib borar ekan. Betatron yengil zarrachalarnigina tezlashtira oladi og'ir zarrachalar uchun yaroqsiz ekan. Masalan proton uchun  $H_m = 5000 \text{Erst}$   $R = 80 \text{sm}$  erishgan energiyasi  $W_{\max} = 2 \text{MeV}$  bo'ladi.

Bundan zarracha impulsi quyidagicha bo'ladi.

$$m\mathcal{G} = mR \frac{\mathcal{G}}{R} = mR\omega = mR \frac{0,1eZH}{m} = 0,1eZHR$$

Ikkinchi tomondan

$$mv = mR \frac{v}{R} = mRw = mR \cdot \frac{0,1eZH}{m} \frac{r}{r} = 0,1eZH_r R$$

(3) va (4) ni tenglashtirsak,

$$\frac{0,1eZR}{2} H_m = 0,1eZH_r R$$

$$H_m = 2H_R \quad \text{Videroe sharti.}$$

Ya'ni zarracha betatronda o'zgarmas orbitada aylanib energiyasini oshirish uchun markazdagi maydon kuchlanganligi orbitadagi qiymatidan ikki marotoba katta bulishi kerak ekan. Bunga Videroe yoki betatron sharti deb ataladi. Betatron

energiyasini hisoblash uchun faraz qilaylik, magnit maydoni kuchlanganligi vaqt bo'yicha chiziqli oshib borsin.

Mikrotron 1944 yilda birinchi marotaba V.I. Veksler tomonidan kashf etilgan.

Keyinchalik S.P. Kapisa tomonidan modifikatsiya qilingan.

Mikrotronda zarrachalar energiyasi ~30 MeV gacha intensivligi esa  $I \sim 50$  mA gacha yetkaziladi. Mikrotronda zarralar intensivligi boshqa tezlatgichlarga nisbatan kichik buladi.

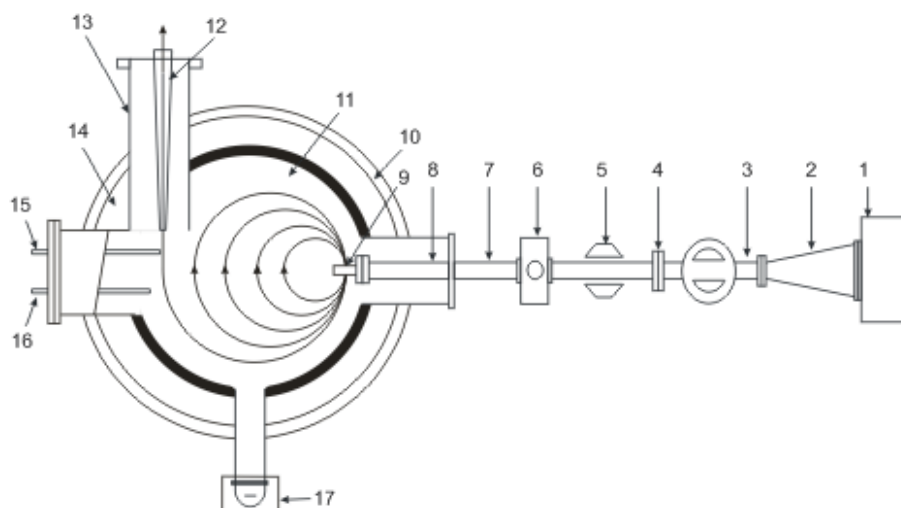
Mikrotron siklik tezlatgich, bunda ham zarrachalar siklatron, sinxrosiklotrondagi kabi doimiy magnit maydonida harakat kiladi.

Mikrotronning boshqa tezlatgichlardan farki:

- 1) Magnit maydon doimiy ( $n=0$ )
- 2) tezlashtiruvchi kurulma magnit maydonining chetiga joylashtirilgan bo'ladi.

- 3) Energiya ortirmasi  $\kappa = \frac{\Delta W}{E_0}$  zarracha tinch holat massasiga to'g'ri keluvchi energiyasining karrali qiymatlariga teng bo'ladi.

- 4) Aylana markazi chetidan kutib markazi tomon siljib boradi.



Zarrachalar barcha takror-takror aylanishlarida bir vaqtning o'zida rezonatoridan energiyasini oshirib borar ekan. Aylanishlar sonining oshishi bilan rezonatorida zarrachalar oqim tok kuchining oshishiga olib keladi.

Masalan: 11- orbitada bo'lsa rezonatorida zarrachalar oqim tok kuchi  $(m-1)I$  eki  $10I$  bo'ladi. Bu esa o'z navbatida intensivlikning kamayishiga olib keladi. Mikrotronda zarracha aylanish davri ortishi tezlatuvchi generator davrining karrali qiymatlariga qadar oshib boradi.

$$\Delta T = kT_s \quad (1)$$

$T_s$ - tezlatuvchi generator davri.

Ko'pgina mikrotronlar uchun  $k=1$  ga teng bo'ladi. U holda  $\Delta W = E_0$ . Demak har bir aylanishda

*Elektron uchun:  $E_0 = 0.511 \text{ MeV}$*

*Proton uchun:  $E_0 = 938 \text{ MeV}$  bo'ladi.*

Har bir aylanishida 938 MeV energiya ortirmasini berish qiyin shuning uchun elektronni tezlashtirish qulayroq.

Mikrotronda davr o'zgarib borishini quyidagicha hisoblay olamiz.

1- aylanishdagi davri.

$$T_1 = \frac{2\pi m_0}{0,1eZH} \left(1 + \frac{W_1}{E_0}\right)$$

$$n - \text{orbitada} \quad T_n = \frac{2\pi m_0}{0,1eZH} \left(1 + \frac{W_1 + (n-1)\Delta W}{E_0}\right)$$

$$n+1 - \text{orbitada} \quad T_{n+1} = \frac{2\pi m_0}{0,1eZH} \left(1 + \frac{W_1 + n\Delta W}{E_0}\right)$$

$$n, n+1 \text{ aylanishlarda davr orttirmasi; } \Delta T = T_{n+1} - T_n = \frac{2\pi m_0}{0,1eZH} \frac{\Delta W}{E_0}$$

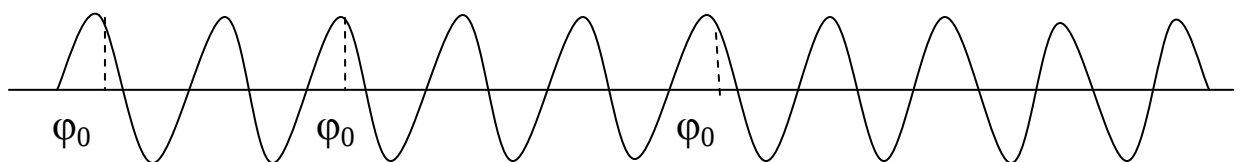
Mikrotronda rezonans buzilmasligi uchun energiya ortirmasi  $\Delta W = E_0$ ,  
tebranish davri  $T_s = \Delta T$

$$T_1 = T_s \left(1 + \frac{W_1}{E_0}\right)$$

$$\Delta T = T_s \frac{W_1}{E_0}$$

$$T_s = \frac{2\pi m_0}{0,1eZH}, \quad W_1 = E_0, \quad \Delta W = W_1 = E_0$$

Tebranish davri aylanishlar soniga mos ravishda quyidagicha bo'ladi.



Birinchi davr ikkinchi davrdan ikki marta kichik bo'ladi. Muvozanat faza

$$\text{saqlanadi. } \frac{W_1}{E_0} = 1; T_1 = T_c \left(1 + \frac{W}{E_0}\right) = 2T_c; T_2 = 3T_c$$

Mikrotron kamchiligi magnit qutblari orasidagi magnit maydonning kichik qiymat olishiga sabab bo'lishi. Demak zarrachalar aylanish davrining oshib borishi aylanish soni va generator davri bilan quyidagicha:  $T_n = (n+1)T_c$

$$T_s = \frac{\lambda}{c} \quad H = \frac{2\pi m_0}{0,1eZT_s} = \frac{2\pi m_0 c}{0,1eZ\lambda} \quad e - \text{ uchun } H = \frac{10700}{\lambda} \text{ Erst}$$

Ko'pgina mikrotronlar uchun  $\lambda = 10\text{sm}$  bu esa  $H = 1070 \text{ Erst}$  ga to'g'ri keladi. Bu juda kichik qiymat hisoblanadi.

$H$  – magnit maydon kuchlanganligining bu qiymatida magnit o'lchami katta bo'ladi, ikkinchidan orbita bo'yicha energiya orttirmasini tekis ta'minlash qiyin

$W_1$  va  $\Delta W$  orbita bo'yicha tekis oshib borishini ta'minlashi qiyin.

$$\text{Agar } \frac{\Delta W}{E_0} \succ 1 \text{ bo'lsa.}$$

$H$  - qiymatni oshirish mumkin, bu esa texnik qiyinchiliklarga olib keladi.

$\Delta W = E_0 = 0.511\text{MeV}$  yuqori orttirma berish murakkab. Fizika muammolari instituti

xodimi V.N.Melexin va boshqalar tomonidan  $\frac{\Delta W}{E_0} \succ 1$  shartini ishlab chiqdilar.

$$1\text{- aylanish davri} \quad T_1 = 2T_s = \frac{2\pi m_0}{0,1eZH} \left(1 + \frac{W_1}{E_0}\right) \text{ bu tenglamadan}$$

$W_1$  - topsak,  $T_c = \frac{\lambda}{c}$  ga almashtirsak

$$W_1 = \left( \frac{0,1eZ\lambda}{\pi m_0 c} H - 1 \right) E_0 \text{ shuningdek } \Delta W = \frac{0,1eZ\lambda E_0}{\pi m_0 c} H \text{ odatda } \lambda = 10 \text{ sm bo'ladi, u holda}$$

$$\left. \begin{aligned} W_1 &= \left( 1,86 \cdot 10^{-3} H - 1 \right) E_0 \\ \Delta W &= 0,93 \cdot 10^{-3} H E_0 \end{aligned} \right\} W_1 = \Delta W \text{ bo'ladi.}$$

$H=10700 \text{ erst}$  bo'lgandan keyin farq qilmaydi.

$H=3000 \text{ erst}$  bo'lsa  $W_1=4,57 \text{ MeV}$ ,  $E_0=2,33 \text{ MeV}$ ,  $\Delta W=4,57 \text{ MeV}$ ,  $E_0=1,42 \text{ MeV}$

Agar  $T_1=2T_s$ ,  $\Delta T=T$

$H$ -qiymatinining  $1070 \text{ ergt}$  yuqori qiymatini tanlash mumkin ekan  $H$ -oshishi bilan mikrotron shartini saqlab qolishlik uchun rezanator energiyasi oshirish kerak buning uchun katod xolatini (joyini) yoki zarracha energiyasini manbaini o'zgartirish kerak (A-rasm).

$$W_1 = \xi \Delta W \quad \xi - \text{тузатма}$$

$$T_1 = 2T_c \quad \delta W_1 = \xi \Delta W - W_1$$

$$\delta T_1 = \frac{2\pi m_0}{0,1eZH} \frac{\delta W}{E_0} = \frac{2\pi m_0}{0,1eZH} \frac{\xi \Delta W - W_1}{E_0}$$

$$\frac{\delta T_1}{T_1} = \frac{\xi \Delta W - W_1}{E_0 + W_1}; \quad \frac{\delta T_1}{T_1} = \frac{1 - 0,33 \cdot 10^{-3} H}{1,86 \cdot 10^{-3} H}$$

$H$ ,  $W$ ,  $\Delta W$ , o'zgartiriladi bu bilan yuqori chastota quvvati o'zgartiriladi.

Magnitron magnit o'lchami va orbitasiniqaraylik  $\Delta T = T_c = \frac{\lambda}{c}$  oshib boradi.

Orbita oshishi  $\Delta L = \Delta TC = \lambda$

$$1,2,\dots n\text{- orbitalar} \quad L_1 = 2\lambda; \quad L_2 = 3\lambda; \quad L_n = (n+1)\lambda;$$

$$R_1 = \frac{L_1}{2\pi} = \frac{\lambda}{\pi}; \quad R_2 = \frac{3\lambda}{2\pi}; \quad R_n = \frac{(n+1)\lambda}{2\pi};$$

$$\lambda = 10\text{cm}, \quad R_1 = 31,8\text{mm}, \quad R_2 = 47,7\text{mm}$$

$$n=30 \text{ bo'lsa, } R_{30} = \frac{(30+1)100}{2\pi} = 494\text{mm}$$

Diametri  $d=1\text{m}$  dan kam bo'lmaydi  $\Delta W=0.51 \text{ MeV}$ ,

$$W=30 \cdot 0,5\text{MeV}=15\text{MeV}$$

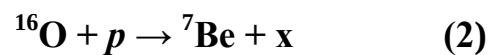
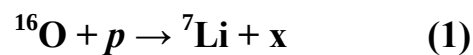
Bunday qaraganda energiya oshishi  $\lambda$ -ga bog'liq.  $H$ - ning yuqori qiymati kerak emasdek, lekin  $H$ -katta bo'lsa orbita radiusi kichik bo'ladi, orbita soni ko'proq bo'ladi.

$$W=n\Delta W.$$

**2-BOB. 3.25  $\Gamma$ eB/c impulsli  $^{16}\text{O}$ p- tuknashuvida  $^3\text{H}$ ,  $^3\text{He}$ ,  $^7\text{Li}$  va  $^7\text{Be}$  kuzguli yadrolarining hosil bo'lishini o'rganish**

**2.2. 3.25  $\Gamma$ eB/c impulsli  $^{16}\text{O}$ p-to'qnashuvida  $^7\text{Li}$  va  $^7\text{Be}$  kuzgu yadrolarining hosil bo'lishini o'rganish**

3.25  $A \Gamma$ eB/c impulsli  $^{16}\text{O}$ p- to'qnashuvlarida  $^7\text{Be}$  va  $^7\text{Li}$  “ko'zgu” yadrolarning chiqish kanallari xarakteristikalarini o'rganish bo'yicha eksperiment natijalari keltirilgan, ya'ni quyidagi inklyuziv reaksiyalar muhokama qilingan:

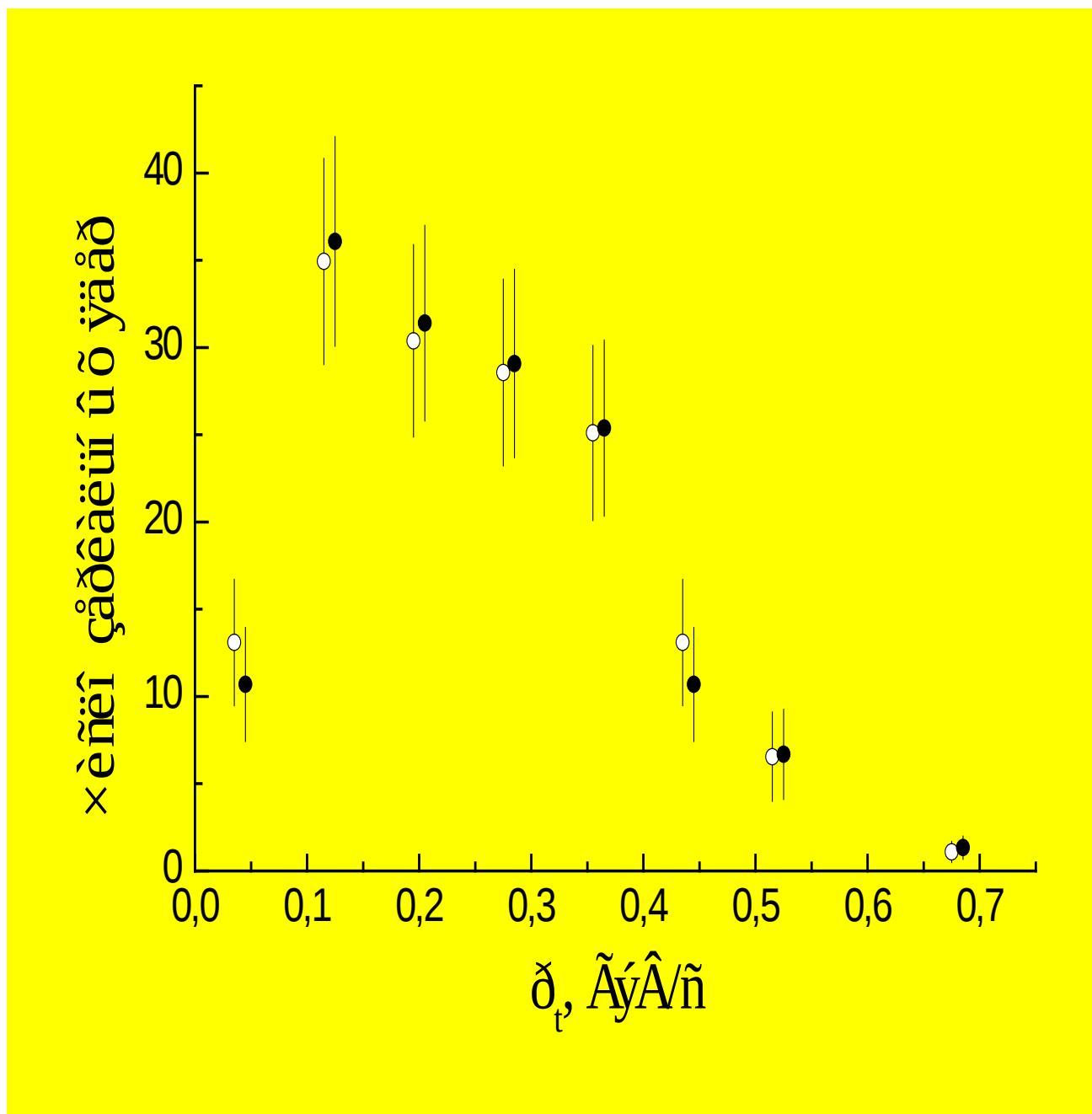


Bu erda  $x$  hosil bo'lishi barion va elektr zaryadlar saqlanish qonunlariga bo'ysunadigan ixtiyoriy fragment va zarralarni bildiradi. “Ko'zgu” yadrolar chiquvchi hodisalar soni  $N(^7\text{Be}) = 155$  (reaktsiya 14) va  $N(^7\text{Li}) = 160$  (reaktsiya 13) bir-biriga yaqinligi aniqlandi. Litiy va berilliy yadro izotoplarining birgalikda hosil bo'lishi jami 16 ta hodisada kuzatiladi, shulardan faqat bittasida  $^7\text{Be}$  va  $^7\text{Li}$  “kuzgu” yadrolarning bir vaqtda chiqishi kuzatiladi. Zarralar va fragmentlar xarakteristikalarini, birgalikda chiquvchi  $^7\text{Be}$  va  $^7\text{Li}$  “ko'zgu” yadrolarning taqqoslama tahlili uchun  $A = 7$  massa sonli bir 3- yoki 4-zaryadli fragmentlar hosil bo'ladigan, ya'ni topologiyalari (3), (32) va (322), shuningdek (4), (42) va (422) bo'lgan hodisalar qarab chiqildi. Bu erda qavs ichida ko'p-zaryadli ( $Z \geq 2$ ) fragmentlar zaryadi ko'rsatilgan. “ko'zgu” yadrolar chiquvchi topologiyalarni biz bundan keyin “ko'zgu” topologik kanallar deb nomlaymiz. Zaryadlangan zarralar zarralar va fragmentlarning o'rtacha ko'plamchiligi, yadro fragmentlari o'rtacha ko'plamchiligi, shuningdek proton-fragmentlar va zaryadlangan pionlar

yiqindi zaryadi (Q) bilan birgalikda  ${}^7\text{Li}$  va  ${}^7\text{Be}$  yadrolar chiqish qiymatlari 1-jadvalda keltirilgan. Jadvaldan ko`rinadiki,  $A = 2-4$  bo`lgan fragmentlarning o`rtacha ko`plamchiligi 7-nuklonli “ko`zgu” yadrolar hosil bo`lishining ikkala kanali uchun statistik xatoliklar chegarasida mos keladi. Bu holat natijasida proton-vragmentlar va zaryadlangan zarralar yiqindi zaryadidagi farq ikkala kanal uchun ham amalda 1 ga teng. Ikki zaryadli fragmentlar ko`plamchiligi va ularning o`rtacha qiymatlari ( $0.75 \pm 0.05$  va  $0.74 \pm 0.05$ , mos ravishda  ${}^7\text{Li}$  va  ${}^7\text{Be}$  uchun) taqsimoti ikkala “ko`zgu” yadro uchun ham mos keladi. Shuningdek  ${}^7\text{Li}$  va  ${}^7\text{Be}$  yadrolari hosil bo`lish kanallarida tepki protonlarning o`rtacha ko`plamchiligi ham mos kelishini kuzatamiz. Bu hol  ${}^7\text{Li}$  va  ${}^7\text{Be}$  yadrolar shakllanish kinematik shartlarining yaqinligini va snaryad parchalanish darajasining bir xilligini ko`rsatadi.

| va yadrolar<br>tipi | ${}^7\text{Li}$ | ${}^7\text{Be}$ | Zarralar va<br>yadrolar tipi      | ${}^7\text{Li}$ | ${}^7\text{Be}$ |
|---------------------|-----------------|-----------------|-----------------------------------|-----------------|-----------------|
| jami<br>fragmentlar | $4.45 \pm 0.10$ | $3.81 \pm 0.11$ | ${}^4\text{He}$                   | $0.63 \pm 0.05$ | $0.61 \pm 0.05$ |
| ${}^1\text{H}$      | $3.00 \pm 0.11$ | $2.29 \pm 0.12$ | Tepki<br>proton                   | $0.59 \pm 0.05$ | $0.55 \pm 0.04$ |
| ${}^2\text{H}$      | $0.52 \pm 0.05$ | $0.53 \pm 0.05$ | $\pi^-$                           | $0.33 \pm 0.04$ | $0.44 \pm 0.05$ |
| ${}^3\text{H}$      | $0.17 \pm 0.03$ | $0.20 \pm 0.03$ | $\pi^+$                           | $0.64 \pm 0.05$ | $0.42 \pm 0.05$ |
| ${}^3\text{He}$     | $0.13 \pm 0.03$ | $0.18 \pm 0.03$ | $Q({}^1\text{H} + \pi^+ + \pi^-)$ | $3.31 \pm 0.12$ | $2.27 \pm 0.13$ |

${}^7\text{Li}$  va  ${}^7\text{Be}$  yadrolari chiqish kanallarida zaryadlar va fragmentlar oʻrtacha koʻplamchiligi va proton-fragmentlar va zaryadlangan pionlar yiqindi zaryadi



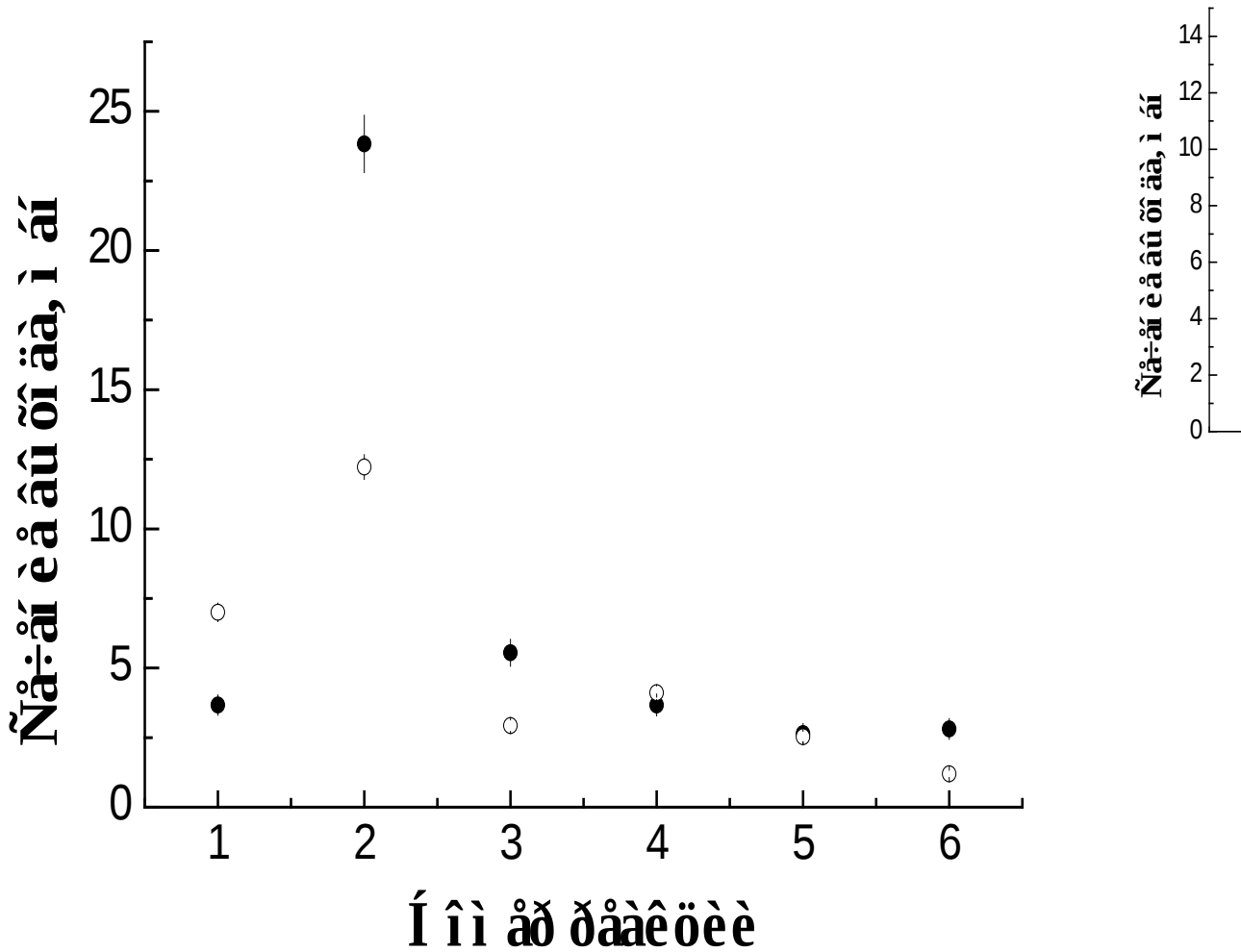
1-rasm.  ${}^7\text{Li}$  (○) va  ${}^7\text{Be}$  (●) “koʻzgu” yadrolar koʻndalang impuls taqsimoti.

Statistik xatoliklar chegarasida  ${}^7\text{Li}$  va  ${}^7\text{Be}$  “koʻzgu” yadrolarning taqsimoti kislorod yadrosining tinch holatdagi toʻliq impulsi boʻyicha (3-rasm) mos ravishda

oʻrtacha  $350 \pm 13$  MəB/c va  $354 \pm 13$  MəB/c ni tashkil qilgan holda mos keladi. Shu taqsimot (4-rasm) va qaralayotgan “koʻzgu” yadrolar koʻndalang impulsleri oʻrtacha qiymatiga mos kelishi kelib chiqadi va mos ravishda  ${}^7\text{Li}$  va  ${}^7\text{Be}$  uchun  $251 \pm 11$  MəB/c va  $253 \pm 11$  MəB/c ni tashkil qiladi. Bu “koʻzgu” yadrolarning toʻliq va koʻndalang impulsleri boʻyicha taqsimotlar mos kelishidan ularning uchish burchaklari oʻrtacha qiymatlari amalda bir xilligi, laboratoriya sistemasida mos ravishda  ${}^7\text{Li}$  va  ${}^7\text{Be}$  yadrolar uchun  $0.63 \pm 0.03^\circ$  va  $0.64 \pm 0.03^\circ$ ga tengligi kelib chiqadi. Shuningdek, 5-jadvaldan  ${}^7\text{Li}$  va  ${}^7\text{Be}$  yadrolari chiqish kanallarida fragmentlar oʻrtacha koʻplamchiliklari farqi  $\Delta n_f = 0.64 \pm 0.15$  ga tengligi koʻrinadi. Bunda  ${}^2\text{H}$ ,  ${}^3\text{H}$ ,  ${}^3\text{He}$  va  ${}^4\text{He}$  yadrolar oʻrtacha koʻplamchiligi “kuzguli” kanallarda mos keladi. Bu  $\Delta n_f$   $\Delta n_p$  bilan mos kelishini bildiradi. 1-jadvaldan u  $0.71 \pm 0.15$  ga teng, qnf kattalikka yaqinligi koʻrinib turibdi. Shunday qilib, xulosa qilish mumkinki, qaralayotgan “koʻzgu” yadrolar zaryadlaridagi farq asosan  ${}^7\text{Li}$  yadrosi chiqish kanallarida qoʻshimcha proton-fragmentlar hosil boʻlishi bilan toʻldiriladi. Buning hisobiga proton-nishon bilan protonlarning oʻzaro taʼsirlashuvida neytronlari ortiqcha boʻlgan  ${}^7\text{Li}$  yadrosining hosil boʻlishi yoki proton-nishon bilan neytronlarning oʻzaro taʼsirlashuvida protonlari ortiqcha boʻlgan  ${}^7\text{Be}$  yadrolarining hosil boʻlishi imkoniyatlari yuqori boʻlishini koʻrsatuvchi  ${}^7\text{Li}$  va  ${}^7\text{Be}$  “koʻzgu” yadrolar hosil boʻlishi bilan assotsiatsiyalangan  $\pi^-$  va  $\pi^+$ -mezonlar oʻrtacha koʻplamchiligidagi farq kelib chiqadi.

${}^7\text{Li}$  va  ${}^7\text{Be}$  “koʻzgu” yadrolar chiqish hodisalaridagi koʻp-nuklonli fragmentlar ( $A = 2-4$ ) oʻrtacha koʻplamchiligidagi moslik bunday yadrolarning shakllanishida  $A=7$  massa sonli qaralayotgan “koʻzgu” yadro hosil boʻlishi mumkin boʻlgan

ikkita (-klasterlardan biridan urib chiqarilgan nuklonlarning ishtirok etmasligini bildiradi.



1-rasm. (1-6) reaksiyalarda 6-nuklonli tizimlar chiqish kesimi.Nuqtalar: ● – eksperiment, ○ –KFIM bo`yicha hisoblar.

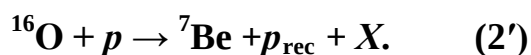
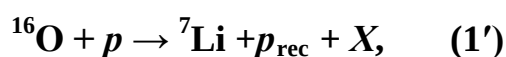
2-rasm. реакциял 7-нуклон. тизимлар чиқиш к Нукталар эксперим –KFIM быйича щисоблар

<sup>7</sup>Li yadrosining chiqish kanalidagi  $\pi^+$ -mezonlarning o`rtacha ko`plamchiligi <sup>7</sup>Be yadrosining hosil bo`lish kanali bilan solishtirishda  $0.22 \pm 0.07$  miqdorga katta

ekanligini ko`rsatish ham qiziqdir. Bu shuni tasdiqlaydiki, ortiqcha neytronga ega bo`lgan  ${}^7\text{Li}$  yadrosining shakllanishi nishon-protonning kislorod yadrosi protoni bilan to`qnashishi nisbatan ko`proq yuz beradi.  ${}^7\text{Be}$  yadrosi chiqish kanalida  $\pi^-$ -mezonlarning o`rtacha ko`plamchiligi  ${}^7\text{Li}$  chiqish kanali bilan solishtirilganida ko`proq ekanligi ularning birinchisining hosil bo`lishi nishon-protonning kislorod yadrosi neytroni bilan o`zaro ta'sirlashuvi natijasida yuz berishini ko`rsatadi.

### **2.2. 3.25 GeB/c impulsli ${}^{16}\text{O}$ - to`qnashuvida ${}^7\text{Li}$ va ${}^7\text{Be}$ kuzgu yadrolarni tepki protonlar bilan birgalikda hosil bo`ulishini o`rganish.**

Statistik xatoliklar chegarasida  ${}^7\text{Be}$  hosil bo`lish kanalida  $\langle n_{\pi^+} \rangle$  va  $\langle n_{\pi^-} \rangle$  o`rtacha ko`plamchiliklarning mos kelishi nishon-protonlarning neytron va  $\pi^+$ -mezonlar bilan zaryad almashinuvidan musbat zaryadlangan pionlar qo`shimcha hissasi orqali yuzaga kelgan. Bu farazni tekshirish uchun biz zaryadlangan pionlar o`rtacha ko`plamchiligini nishon-proton bilan bir xil identifikatsiyalangan hodisalarda (6-jadval), ya'ni quyidagi poliinklyuziv reaksiyalarda qaradi



(1') va (2') reaksiyalarda zaryadlangan pionlar o`rtacha ko`plamchiligi

| Reaksiya | Zarrachalar tipi |                 |                 |
|----------|------------------|-----------------|-----------------|
|          | $\pi^+$          | $\pi^-$         | $\pi^+ + \pi^-$ |
| (1')     | $0.41 \pm 0.06$  | $0.31 \pm 0.05$ | $0.72 \pm 0.07$ |
| (2')     | $0.34 \pm 0.05$  | $0.44 \pm 0.06$ | $0.78 \pm 0.07$ |

6-jadvaldan ko`rinadiki, (1') reaksiyada  $\pi^+$ -mezonlarning o`rtacha ko`plamchiligi  $\pi^-$ -mezonlar o`rtacha ko`plamchiligidan  $0.10 \pm 0.07$  ga katta, (2')reaksiyada esa, aksincha,  $\pi^-$ -mezonlar o`rtacha ko`plamchiligi  $\pi^+$ -mezonlarning o`rtacha ko`plamchiligidan o`shancha ( $0.10 \pm 0.07$ ) katta.

Shuningdek 6-jadvaldan statistik xatoliklar chegarasida(13') va (14') reaksiyalar uchun zaryadlangan pionlarning yiqindi o`rtacha ko`plamchiligi mos kelishi ko`rinadi. 5 va 6 jadvallardan statistik xatoliklar chegarasida mos reaksiyalarda((1), (1') va (2),(2'))manfiy pionlar o`rtacha ko`plamchiligi hodisalarda tepki-protonlar mavjud yoki yo`qligiga boqliq emas. Bu nishon-proton va snaryad orasida zaryad almashinuv jarayoni manfiy pionlar hosil bo`lishida hech qanaqa rol o`ynamasligini ko`rsatadi. Kislorod-16 yadrosi bir xil sondagi proton va neytronlardan tashkil topganligi bilan boqliq ravishda, (1') va (2') reaksiyalar bo`yicha  $\pi^+$ -mezonlar yig`indi o`rtacha ko`plamchiligi bu reaksiyalar bo`yicha  $\pi^-$ -mezonlar yiqindi o`rtacha ko`plamchiligi bilan mos kelishi lozim. 6-jadvalda ko`rinib turganidek, ko`plamchiliklar amalda bir-biriga mos keladi (0.75

$\pm 0.07$ ), shuningdek, bizdagi tezkor  $\pi^+$ -mezonlar identifikatsiyasi tartibi to`qriligini ko`rsatadi.

Albatta, dastlabki yadro parchalanish jarayoni  $A = 2-4$  massa sonli yadrolari shakllanishining yagona yo`li hisoblanmaydi, ular kaskadli nuklonlar yoki kam-nuklonli assotsiatsiyalar qo`shilishi hisobiga ham hosil bo`lishi mumkin. Biroq koalestsentsiya mexanizmi bir-biridan katta bo`lmagan ( $R \sim 1 \Phi_M$ ) masofada va nisbatan kichik impulslarda nuklonlar va kamnuklonli assotsiatsiyalar topilishining kam ehtimolligi hisobiga ahamiyati sezilarli pasaygan. Haqiqatan, koalestsentsiya modeli bo`yicha hisoblangan kam-nuklonli yadrolar hosil bo`lishi ehtimolligi yadrolar qiyosiy chiqishi uchun quyidagi qiymatlarni beradi:

$^2\text{H} - 11,3\%$ ,  $^3\text{H}$  va  $^3\text{He} - 7.5\%$ ,  $^4\text{He} - 1.8\%$ .

### **2.2.3.25 $\Gamma\text{eB/c}$ impulsli $^{16}\text{O}$ - to`qnashuvida $^3\text{H}$ va $^3\text{He}$ kuzgu yadrolarining hosil bo`lishini o`rganish**

Ushbu bo`limda kislorod yadrosi  $\alpha$ -klasterli tuzilishining namoyon bo`lish effektlarini chuqurroq o`rganish maqsadida,  $3.25 \text{ A } \Gamma\text{eB/c}$  impulsli  $^{16}\text{O}$ -to`qnashuvlarida  $^4\text{He}$  va  $^2\text{H}$  yadrolar soni bilan bogqliq  $^3\text{H}$  va  $^3\text{He}$  “ko`zgu” yadrolar hosil bo`lish jarayonlari qiyosiy tahlili natijalari keltirilgan.

Ushbu bo`limda biz

(1), (2), (22), (222) va (2222) oxirgi holatlar topologiyasida  $^3\text{H}$  va  $^3\text{He}$  kuzguli yadrolar, deytronlar hamda alfa zarralar hosil bo`lishi o`zaro boqliqliklarini o`rgandik. Boshqacha qilib aytganda, biz bu yadrolar hosil bo`lishini quyidagi poluinklyuziv reaksiyalarda qarab chiqdik:

$$^{16}\text{O} + p \rightarrow ^3\text{He} + \text{k}^2\text{H} + \text{X} \quad (3)$$

$$^{16}\text{O} + p \rightarrow ^3\text{H} + \text{k}^2\text{H} + \text{X}, \quad (3')$$

$$^{16}\text{O} + p \rightarrow ^3\text{He} + ^4\text{He} + \text{k}^2\text{H} + \text{X} \quad (4)$$

$$^{16}\text{O} + p \rightarrow ^3\text{H} + ^4\text{He} + \text{k}^2\text{H} + \text{X}, \quad (4')$$

$$^{16}\text{O} + p \rightarrow ^3\text{He} + 2^4\text{He} + \text{k}^2\text{H} + \text{X}, \quad (5)$$

$$^{16}\text{O} + p \rightarrow ^3\text{H} + 2^4\text{He} + \text{k}^2\text{H} + \text{X}, \quad (5')$$

$$^{16}\text{O} + p \rightarrow ^3\text{He} + 3^4\text{He} + \text{k}^2\text{H} + \text{X}, \quad (6)$$

$$^{16}\text{O} + p \rightarrow ^3\text{H} + 3^4\text{He} + \text{k}^2\text{H} + \text{X}, \quad (6')$$

ya'ni  $^3\text{He}$  va  $^3\text{H}$  engil kuzguli yadrolar hosil bo'lishi asostsiatsiyalangan alfa zarra va deytronlar soni bilan boqliqlikda o'rganildi. Deytronlar soni  $k$  barion va elektr zaryadlari saqlanish qonunlariga mos ravishda 0 dan 7 gacha o'zgarishi mumkin (ammo eksperimentda 4 tagacha deytron hosil bo'lishi kuzatiladi),  $X$  sifatida protonlar, kislorod yadrosining neytron-fragmentlari, hamda tepki protonlar yoki pionlar bo'lishi mumkin. Shunday qilib, hosil bo'lishi kuzatilayotgan kuzguli  $^3\text{He}$  va  $^3\text{H}$  zarralar soniga  $z > 2$  va  $A > 4$  li ko'p zaryadli fragmentlar kirmaydi, ya'ni (3) va (3') reaksiyalar kislorod yadrosining to'liq bo'linishiga taaluqlidir. Yuqorida qaralgan reaksiyalardan ko'rinadiki, ko'p nuklonli fragmentlarda nuklonlar miqdori bir xil, yiqindi elektr zaryadlari bir birlikka farqlanuvchi (3) va (3'), (4) va (4') va boshqa kanallar xarakteristikallari juft holda solishtiriladi.

Qaralayotgan (3–6) va (3'–6') reaksiyalardagi voqealarning umumiy soni 730 taga teng bo'ldi.  $^3\text{He}$  yadrosi hosil bo'lishi bilan kuzatiladigan (3–6) reaksiyalarida voqealarning to'liq soni 364 taga teng bo'lib, bu (3'–6') reaksiyalarida  $^3\text{H}$  hosil

bo'luvchi voqealar soni 366 ga mos keladi. Kuchli ta'sirlashuvdagi izotopik invariantlikka asosan bunday mos kelishlikni (3'-6') reaksiyalarda nishon sifatida proton o'rnida neytron bo'lganda kutish mumkin edi. Shu tufayli olingan natijalar travial emas hisoblanadi va (3-6) va (3'-6') reaksiyalar amalga oshishi uyg'ongan holatdagi kislorod yadrosi nukloni turidan (zaryadidan) bog'liq emasligini ko'rsatadi. Bu qachonki nishon protoni o'z zaryadini yadro yoki ko'p nuklonli fragmentlarga bermaganida mumkin bo'ladi.

7-jadvalda (3-6) va (3'-6') reaksiyalardagi  $A=1-2$  li fragmentlar, tepki protonlar va zaryadli pionlar o'rtacha ko'plamchiligi ishtirokchi deytronlarning hosilaviy sonida keltirilgan.

7-jadvaldan ko'rinib turibdiki, turli xil sondagi assotsiatsiyalangan  $n_\alpha$  alfa zarrali (3-6) va (3'-6') reaksiyalarda voqealar soni statistik xatoliklar chegarasida juftligi mos keladi. Barion zaryadi saqlanishi tufayli bunday moslik  ${}^4\text{He}$  yadrosidagi proton va neytronlar umumiy sonining bir xilligiga asoslanadi, uning hosil bo'lishi  ${}^3\text{He}$  и  ${}^3\text{H}$  kuzguli yadrolar chiqish ehtimoliyatiga bir xil ta'sir ko'rsatadi.

(3'-6') reaksiyalarida barion va elektr zaryadlari saqlanish qonunlariga asosan turli xildagi zaryad almashinuvi jarayonlari ( $p \rightarrow n\pi^+$ ,  $n \rightarrow p\pi^-$  va  $np \rightarrow pn$ ) bo'lmagan holatda deytron va protonlar yiqindi o'rtacha ko'plamchiligi (3-6) reaksiyalardagiga nisbatan bittaga ko'p bo'lishligi kerak. (3-6) reaksiyalar bo'yicha o'rtacha olingan deytronlarning o'rtacha ko'plamchiligi  $0.93 \pm 0.04$ ni, (3'-6') reaksiyalar bo'yicha esa  $0.92 \pm 0.04$  ni tashkil qiladi. (3-6) va (3'-6') reaksiyalarda deytronlar soni mos tushishini quyidagicha talqin qilish mumkin.

Deytronlar hosil bo'lish ehtimoliyati proton-neytron juftligiga proportsionalligi tufayli deytronlar chiqishiga yadrodag proton yoki neytron ortiqchaligi bir xillikda ta'sir ko'rsatadi.  $\langle n_d \rangle$  ning assotsiatsiyalangan (zarralar soniga qarab kamayishi barion zaryadi saqlanish qonuniga asoslanadi. (6) va (6')reaktsiyalarda deytronlar chiqishi kuzatilmaydi. Bu biz qarayotgan ta'sirlashuv energiyasida (6) reaksiyada nishon protoni tomonidan neytron qamrab olinishi ehtimoliyatining juda kichikligini ko'rsatadi. (6') reaksiyada deytron hosil bo'lishi erkin neytronlarning yo'qligi tufayli yuz bermaydi. Kislorod tarkibidagi 8 ta neytronning barchasi ko'p nuklonli fragmentlar tarkibida boqlangan holatda bo'ladi.

Jadval 2.

(3–6) va (3'–6') reaksiyalardagi  $\langle n_p \rangle$ proton-fragmentlar,  $\langle n_d \rangle$  deytronlar,  $\langle n_n \rangle$ neytronlar,  $\langle n(p_{omd}) \rangle$ tepki protonlar,  $\langle n(\pi^-) \rangle$   $\pi^-$ -mezonlar va  $\langle n(\pi^+) \rangle$   $\pi^+$ -mezonlar o'rtacha ko'plamchiligi

| $n_a$ | Reaktsiya | $N_{uod}$ | Zarralar va fragmentlar o'rtacha ko'plamchiligi |                       |                       |                              |                            |                            |
|-------|-----------|-----------|-------------------------------------------------|-----------------------|-----------------------|------------------------------|----------------------------|----------------------------|
|       |           |           | $\langle n_p \rangle$                           | $\langle n_d \rangle$ | $\langle n_n \rangle$ | $\langle n(p_{omd}) \rangle$ | $\langle n(\pi^-) \rangle$ | $\langle n(\pi^+) \rangle$ |
| 0     | 3         | 64        | 4.65±0.17                                       | 1.83±0.17             | 4.69±0.24             | 0.45±0.05                    | 0.48±0.07                  | 0.59±0.08                  |
| 1     | 4         | 151       | 3.47±0.11                                       | 1.10±0.08             | 3.33±0.15             | 0.52±0.04                    | 0.63±0.05                  | 0.56±0.05                  |
| 2     | 5         | 132       | 1.81±0.08                                       | 0.42±0.04             | 2.35±0.12             | 0.64±0.04                    | 0.49±0.05                  | 0.54±0.05                  |
| 3     | 6         | 17        | 0.30±0.11                                       | 0                     | 0.70±0.14             | 0.72±0.12                    | 0.24±0.10                  | 0.24±0.10                  |
| 0     | 3'        | 60        | 5.16±0.15                                       | 1.81±0.13             | 4.22±0.21             | 0.51±0.05                    | 0.33±0.06                  | 0.79±0.06                  |
| 1     | 4'        | 153       | 3.87±0.09                                       | 1.10±0.07             | 2.93±0.13             | 0.58±0.04                    | 0.37±0.04                  | 0.70±0.06                  |
| 2     | 5'        | 132       | 2.49±0.07                                       | 0.45±0.05             | 1.61±0.10             | 0.73±0.04                    | 0.24±0.03                  | 0.45±0.05                  |

|   |    |    |           |   |           |           |           |           |
|---|----|----|-----------|---|-----------|-----------|-----------|-----------|
| 3 | 6' | 21 | 0.84±0.15 | 0 | 0.16±0.21 | 0.78±0.15 | 0.27±0.09 | 0.61±0.12 |
|---|----|----|-----------|---|-----------|-----------|-----------|-----------|

Mos ravishda  $0.63 \pm 0.02$  va  $0.56 \pm 0.02$  larni tashkil qilgan holda tepki protonlar  $\langle n(p_{omo}) \rangle$  o`rtacha ko`plamchiligi (3'-6') reaksiyada (3-6) reaksiyaga qaraganda ko`prok. Bu farq yana nishon protoni va kislorod yadrosi neytroni o`rtasidagi zaryad almashinuvi ( $np \rightarrow pn$ ) jarayoniga asoslanadi.

Bu holat yuqorida aytib o`tilgan  ${}^3\text{He}$  ( ${}^3\text{H}$ ) yadrolarining hosil bo`lishi kislorod yadrosidagi  $\alpha$ -klasterida bitta neytronning ajralib chiqishi hisobiga bo`lishini tasdiqlaydi.

${}^3\text{He}$  va  ${}^3\text{H}$  yadrolari bilan birgalikda hosil bo`luvchi nuklon fragmentlarining o`rtacha ko`plamchiligi statistik xatoliklar chegarasida bir-biriga yaqin bo`lib, mos ravishda  $6.00 \pm 0.06$  va  $5.93 \pm 0.06$  larni tashkil qiladi. Bu qarayotgan (3-6) va (3'-6') reaksiyalarida voqealar soni va deytronlar o`rtacha ko`plamchiligining juft holda mos kelishi oqibati hisoblanadi (2-jadvalga qarang).

Biz bundan tashqari qarayotgan turli xil deytronli reaksiyalarda

${}^3\text{He}$  va  ${}^3\text{H}$  "ko`zgu" yadrolar nisbiy chiqishining juftligi mos kelishini kuzatdik, ya'ni qarayotgan "ko`zgu" yadrolarning yarim inklyuziv partsial chiqish kesimi bir xil. Biz yana deytron sonidan bog`liq ravishda (3q6) va (3'-6') reaksiyalari yiqindi ansambllari xarakteristikalarini bo`yicha solishtirma tahlilni bajardik. (3-6) va (3'-6') reaksiyalar yiqindi ansambllarida ishtirok etuvchi deytronlar sonidan boqliq ravishda protonlar, neytron fragmentlar va zaryadli pionlarning statistik ta'minlangan kanallarda o`rtacha ko`plamchiliklari haqidagi ma'lumotlar keltirilgan.

Bundan ko`rinib turibdiki, ( $\alpha$ -zarralar o`rtacha ko`plamchiligi (3–6) va (3'–6')) reaksiyalari yiqindi ansambllarida juftliklarda mos kelib, o`rtacha 0.5 ga kamayadi. Bu deytрон va  $\alpha$ -klasterdagi nuklonlari soni munosabatiga teng bo`ladi.  $\alpha$ -zarralar o`rtacha ko`plamchiligining deytронlar sonidan boqliqligi

$$\langle n_{\alpha} \rangle = a + b \cdot n_d$$

munosabat orqali approksimatsiya qilinganda parametrlar qiymati quyidagicha bo`ldi:  $a=1.69 \pm 0.03$ ,  $b=-0.51 \pm 0.03$  (3–6) reaksiyalar uchun va  $a=1.74 \pm 0.04$ ,  $b=-0.52 \pm 0.03$  (3'–6') reaksiyalar uchun. Shunday qilib  $b$  ning qiymati qaralayotgan reaksiyalar uchun mos va 0.5 ga yaqin bo`ladi.

Reaksiyalarning ikkala guruhida ham protonlar va neytronlarning o`rtacha ko`plamchiligi statistik xatoliklar chegarasida assotsiatsiyalangan deytронlar sonidan boqliq emas. Bunga sabab deytронlar soni bilan

$\alpha$ -zarralar o`rtacha ko`plamchiligi chiziqli kamayishidir.  $\langle n_{\alpha} \rangle$  ning  $n_d$  dan chiziqli bog`lanishining mavjudligi deytронlarning sezilarli qismining kislorod yadrosi  $\alpha$ -klasterlari bo`linishidan hosil bo`lishini ko`rsatadi. Shunday qilib,  $\langle n_{\alpha} \rangle$  ning  $n_d$  dan boqliklik xarakteri ulardan nuklonlar o`rtacha ko`plamchiligidan boqliq emasligi bilan birgalikda qarab  $^{16}\text{O}$  yadrosi o`zida  $\alpha$ -klasterli tuzilishni yuqori energiyalarda namoyon qilishligi hisobiga aytish mumkin.

$\pi^-$  va  $\pi^+$ -mezonlarning o`rtacha ko`plamchiligi (3–6) reaksiyalarning yig`indi ansambllarida juft mos keladi, bu qo`shimcha ravishda nishon protonlarining yadro neytronlari bilan ko`proq ta'sirlashuvini ko`rsatadi. Bu erda proton va neytronlarning zaryad almashinuvi jarayonida  $\pi^-$  va  $\pi^+$ -mezonlar hosil bo`lishining

zaryadli simmetriyasi kuzatiladi. ( $3^-6^-$ ) reaksiyalarda esa  $\pi^-$  - va  $\pi^+$ -mezonlar o`rtacha ko`plamchiligi ikki marta farq qilib, bu nishon va snaryad protonlari zaryad almashinuvining tezkor amalga oshishidan darak beradi.

Uchta

$^2\text{H}$ ,  $^3\text{H}$ ,  $^3\text{He}$  fragmentlarning birgalikda hosil bo`lishi tahlili deytronlarning bazasida  $^3\text{H}$  va  $^3\text{He}$  yadrolari hosil bo`lgan ikkita turli xil  $\alpha$ -klasterdagi proton va neytronlardan tashkil topmasligini ko`rsatadi.

### 3. XULOSA

3.25 A  $\Gamma\text{B/c}$  impulsli  $^{16}\text{O}$ ta'sirlashuvlarida hosil bo`luvchi ko`p-nuklonli tizimlar va yadrolar hosil bo`lishi tahlili natijalari bo`yicha asosiy xulosalarni keltiramiz:

«Ko`zgu»  $^7\text{Li}$  va  $^7\text{Be}$  yadrolar hosil bo`lishining inklyuziv ko`ndalang kesimlari bir-biriga mos keladi. Bu yadrolardagi 6- va 7-nuklonli tizimlardagi kabi zaryadlardagi farq asosan qo`shimcha ravishda protonlar hosil bo`lishi bilan kompensatsiya qilinadi. Nishon protonning zaryadi  $A=2-4$  massa sonli yadrolarga uzatilmaydi. Nishon proton zaryadining fragment yadrosi neytroniga berilishi va nuklonlarning noelastik zaryad almashinuvi jarayonlarini hisobga olgan holda neytron fragmentlari o`rtacha ko`plamchiligiga proton-fragmentlari o`rtacha ko`plamchiligi yaxshi mos keladi.

«Ko`zgu»  $^7\text{Li}$  va  $^7\text{Be}$  shosil byluvchi kanallarda proton va neytron ffragmentlar va  $A = 2-4$  li yadrolar yiqindi o`rtacha ko`plamchiligi hamda ushbu

yadrolar kinematik xarakteristikalarini o'rtacha qiymatlarining mos kelishi bu yadrolar shakllanish kinematik sharoitlari yaqinligi va snaryad yadrosi parchalanish darajasi bir xilligi haqida xulosa qilish imkonini beradi.

$^4\text{He}$  va  $^2\text{H}$  yadrolarining soni turli xil bo'lgan kanallarda engil «ko'zgu» yadrolar ( $^3\text{H}$  va  $^3\text{He}$ ) hosil bo'lishi bilan kuzatiladigan voqealar soni juft-juft mos kelishi ko'rsatildi. Proton va neytron fragmentlari o'rtacha ko'plamchiligi assotsiatsiyalangan deytronlar sonidan boqliq emasligi kuzatildi. Bundan esa ushbu kanallarda kislorod yadrosi tarkibidagi ( $\alpha$ -klasterlar bo'linishi hisobiga deytronlarning salmoqli qismi hosil bo'lishi haqida xulosa kelib chiqadi.

Deytronning ikkita  $\alpha$ -klasterlardan urib chiqarilgan proton va neytronlardan shakllanmasligi haqida ko'rsatma olindi.  $^3\text{He}$  ( $^3\text{H}$ ) kuzguli yadrolar hosil bo'lishi asosan kislorod yadrosi  $\alpha$ -klasteridan bitta neytron (proton) urib chiqarilishi hisobiga sodir bo'lishi mumkinligi ko'rsatildi.

## FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO'YHATI.

1. Karimov I.A. Barkomol avlod – O'zbekiston taraqqiyotining poydevori.  
T oshkent. “ SHARQ” nashriyoti.1997-yil.
2. Karimov I. A. “O'zbekiston buyuk kelajak sari”. Toshkent “O'zbekiston ”  
nashriyoti. 1998-yil.
3. Глогелов В.В, Гуламов К.Г., Липин В.Д., и др., Изучение полного развала  
релятивистских ядер кислорода во взаимодействиях с протонном// ЯФ – 1995  
– т.58 –с.2005;
4. Гуламов К.Г., Липин В.Д., Лутпуллаев.С.Л. и др., Образование ядер гелия  
в кислород – протонных соударениях при релятивистских энергиях// ЯФ –  
1996 – т.59 –с.1042;
5. Глогелов В.В, Гуламов К.Г., Лутпуллаев С.Л., и др., Образование  
тяжёлого изотопа ядер гелия в кислород – протонных соударениях при  
релятивистских энергиях// ЯФ – 1997 – т.60 –с.575;
6. Глаголев В.В., Гуламов К.Г., Кратенко М.Ю. и др., Изотопный состав  
фрагментов, образованных в  $^{16}\text{O}$ -взаимодействиях при импульсе 3.25 ГэВ/с  
на нуклон // Письма в ЖЭТФ – 1993 – т.58 – с.497;
7. Глаголев В.В., Гуламов К.Г., Липин В.Д., и др., К вопросу о  
фрагментации релятивистских ядер кислорода во взаимодействиях с  
протоном // ЯФ – 2000 – т.63 – с.587;
8. К.Г. Гуламов и др., ДАН РУЗ 2001, №1-2, с.6-9; В.Д. Липин и др.,  
Узбекский Физ. Журнал, 2002, т.2, с 343-345
9. В.В. Глаголев, К.Г. Гуламов, М.Ю. Кратенко и др., Письма в ЖЭТФ  
59, 316(1994).
10. В.В. Глаголев, К.Г. Гуламов, В.Д. Липин и др. // ЯФ. 1999. Т.62.  
С.1472.
11. В.Ш. Навотный В.Ш., Взаимодействия ядер кислорода, кремния и  
серы при релятивистских энергиях с ядерной фотоэмульсией, автореф. Дисс.  
докт. физмат наук – Ташкент: ФТИ НПО “Физика-Солнце”. 1993. с.11-12

12.Д. Перкинс, Введение в физику высоких энергий, М- Энергоатомиздат, 1991; Donald Perkins, Introduction to high-energy physics, Addison-Wesley Co, INC.1987