

3.25 A GeV/c impulsli ^{16}O -to'qnashuvlarida ko'zguli (^3H , ^3He , ^7Li , ^7Be) yadrolar va mezonlar(π^+ , π^-)ning birgalikda hosil bo'lishi

Anvar Razzoqovich Qurbonov, fiz-mat.f.f.d (Phd)

Jizzax Davlat pedagogika instituti, Jizzax sh.

E-mail: anvar.fizik@mail.ru

Annotasiya. Maqolada 3,25 A GeV/c impulsli ^{16}O -to'qnashuvlarida ko'zguli (^3H , ^3He , ^7Li va ^7Be) yadrolar va mezonlar(π^+ , π^-)ning birgalikda hosil bo'lishi to'g'risida eksperimental ma'lumotlar keltirilgan. ^3H , ^3He , ^7Li va ^7Be ko'zgu yadrolarining kanallarda ajralib chiqish ehtimoli har xil mezon(π^+ , π^-)li tizimlar hosil bo'lishi bilan tasodifiyligi aniqlandi.

Tayanch so'zlar: ko'zguli yadro, mezon, zaryadlangan mezon, yadrolar, 3,25 A GeV/c impulsli, ^{16}O -to'qnashuv, massa son, inklyuziv reaksiyalar, zaryadli parchalar, qo'zg'alish energiyasi.

Совместное образование зеркальных ядер (^3H , ^3He , ^7Li и ^7Be) и π^\pm -мезонов в ^{16}O -взаимодействиях при 3.25 А ГэВ/с

Аннотация. Представлены результаты сравнительного анализа процессов совместное образования зеркальных ядер (^3H , ^3He , ^7Li и ^7Be) и π^\pm -мезонов в ^{16}O -соударениях при 3.25 А ГэВ/с. Выполнено сравнение ассоциативных множественностей совместное образования зеркальных ядер (^3H , ^3He , ^7Li и ^7Be) и π^\pm -мезонов сопровождения.

Ключевые слова: зеркальное ядро, мезон, заряженный мезон, ядра, импульс, 3,25 А ГэВ/с, ^{16}O -соударение, массовое число, инклюзивные реакции, заряженные частицы, энергия возбуждения.

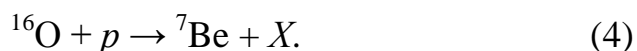
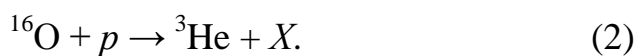
Joint production of mirror nuclei (^3H , ^3He , ^7Li and ^7Be) and π^\pm -mesons in ^{16}O -interactions at 3.25 A GeV/c

Annotation. The results of a comparative analysis of the processes of joint formation of mirror nuclei (^3H , ^3He , ^7Li and ^7Be) and π^\pm -mesons in ^{16}O -collisions at 3.25 A GeV /c are presented. A comparison is made of the associative multiplicities of the joint production of mirror nuclei (^3H , ^3He , ^7Li , and ^7Be) and of the accompanying π^\pm -mesons.

Key words: mirror nucleus, meson, charged meson, nuclei, momentum, 3.25 A GeV/c, ^{16}O -collision, mass number, inclusive reactions, charged particles, excitation energy.

Har bir nuklonga bir necha GeV energiyali zarralar va yadrolarning yadrolar bilan o'zaro to'qnashuvlarida ko'zguli yadrolarning hosil bo'lish jarayonlari va ularga hamroh bo'layotgan zarralar va π^+ hamda π^- -mezonlarning xususiyatlarini o'rganish dastlabki parchalanuvchi yadrolar tuzilishining ta'siri va ularning hosil bo'lish mexanizmlarida barion va elektr zaryadining saqlanish qonunlarini o'rganishga imkon beradi. Bunday jarayonlar va hodisalarni o'rganishda bir xil miqdordagi proton va neytronga ega bo'lgan yadro (bizning holatimizda ^{16}O -yadrosi) nishon protoniga urilganda eng qulay sharoitlar yaratiladi. Ishlaydigan suyuqlikning zichligi past bo'lgan vodorodli pufakchali kamerasi yordamida bunday reaksiyalarni o'rganish massa sonlari $A \leq 9$ bo'lgan barcha ikkinchi darajali zaryadlangan zarrachalarni va to'qnashuv yadrosining qismlarini (ko'zguli (^3H , ^3He , ^7Li , ^7Be) yadrolar va mezonlar (π^+ , π^-) ni) aniqlashga imkon beradi.

Ushbu ish ko'zguli (^3H , ^3He , ^7Li va ^7Be) yadrolar va mezonlar (π^+ , π^-) ning birgalikda hosil bo'lishi uchun 3,25 A GeV/c impulsli ^{16}O p-to'qnashuvlarida ko'zgu yadrolarining hosil bo'lishini o'rganish [1-4] siklining davomi va kanallarda hosil bo'lgan mezonlar(π^+ , π^-)ning, ikkinchi darajali zaryadlangan zarralar va parchalarning ko'plamchigini o'rganishga bag'ishlangan. Faqat bitta ko'zguli yadroli yadro (^3H , ^3He , ^7Li va ^7Be) chiqishi bilan, ya'ni yarim inklyuziv reaksiyalarda:



Bu yerda X-zaryadi $z \leq 5$ va massa soni $A \leq 9$ kislorod yadrosi parchalanishidan hosil bo'lgan yadrolar, tepki protonlar (nishon yadrosi protoni) hamda pion bo'lishi mumkin ^3H , ^3He , ^7Li va ^7Be ko'zguli yadrolar hosil bo'lish jarayonida, elektr va barion zaryadlari saqlanish qonuni va zaryad almashinuv jarayonlari rolini aniqlash uchun (1) - (4) - inklyuziv reaksiyalarda kuzatiladigan zarralar va yadrolar xarakteristikalarini solishtirma tahlil keltirilgan.

Eksperimental malumotlar. Birlashgan yadro tadqiqotlari instituti (BYaTI) Yuqori energiyalar laboratoriya (YEL)sida 1-metrli vodorodli pufakchali kamerani har bir nuklonga to'g'ri keluvchi impuls 3.25 GeV/c bo'lgan kislorod yadrosi oqimi bilan nurlantirish yordamida olingan. Berilgan ishda ^{16}O p-to'qnashuvining 8720 ta to'liq o'lchangan hodisalari tahlil qilingan. Belgilaymizki, eksperimentda tezlashtirilgan yengil yadrolar oqimini qo'llash, vodorodli pufakchali kamerada tezlashtirilgan yadroning hamma parchalarini zaryadi va massasi bo'yicha aniqlash imkonini beradi [2-4, 7,8].

Laboratoriya koordinatalar sistemasida kislorod yadrosi parchalarini massasi bo'yicha ajratish uchun quyidagi impuls oraliqlari kiritilgan:

bir zaryadli fragmentlar

$1.75 < p < 4.75$ GeV/c impuls oralig'i protonga, $p = 4.75 - 7.75$ GeV/c oraliq deyntronga, $p > 7.75$ GeV/c impuls ${}^3\text{H}$ -yadrosiga tegishli bo'ladi. Ikki zaryadli fragmentlar $p < 10.75$ GeV/c impuls ${}^3\text{He}$ ga tegishli, $p > 10.75$ GeV/c impuls ${}^4\text{He}$ yadrosiga tegishli bo'ladi. Uch zaryadli fragmentlar impuls $p < 21.25$ GeV/c ${}^6\text{Li}$ yadrosiga tegishli, $21.25 < p < 24.5$ GeV/c impuls oralig'i ${}^7\text{Li}$ yadrosiga, $p \geq 24.5$ GeV/c – ${}^8\text{Li}$ yadrosiga tegishli bo'ladi. To'rt zaryadli fragmentlardan ${}^7\text{Be}$ yadrosining impuls $p < 25.75$ GeV/c oblastni tashkil qiladi. Yadrolar massalari bo'yicha o'lchov ishonchligini oshirish uchun kamera ishchi hajmida birlamchi nurlatirilgan va hosil bo'lgan yadrolar izlari 30 smdan uzun izlar olingan [2].

Tahlil qilinayotgan hodisalar (1) va (4) inklyuziv reaksiyalarda oxirgi holatlarda bir, ikki hamda uch ko'p nuklonli yadrolarni o'z ichiga oladi. Eksperimental ma'lumotlar tahlili ko'rsatadiki, bizda o'rganiladigan ko'zguli yadrolar hosil bo'lishi quyidagi 8 ta topologik kanallar bo'yicha yuz beradi: (3), (23), (33), (223), (34), (4), (24), (224). (hodisalarda ko'pzaryadli parchalar zaryadi qavslarda ko'rsatilgan). Ko'zgu yadrosi shakllanishi mumkin bo'lgan (44), (233) va (35) topologiyalar mavjud emas. Bu fakt bizning dastlabki ishimizda sifat jihatidan talqin qilingan [9].

1-jadval

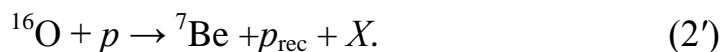
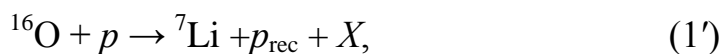
${}^7\text{Li}$ va ${}^7\text{Be}$ yadrolari chiqadigan kanallarda yadrolar ${}^3\text{H}$, ${}^3\text{He}$, ${}^4\text{He}$ va zaryadlangan mezonlarning o'rtacha qiymatlari.

Yadrolar hamda zarralar xili	${}^7\text{Li}$	${}^7\text{Be}$
${}^3\text{H}$	0.17 ± 0.03	0.20 ± 0.03
${}^3\text{He}$	0.13 ± 0.03	0.18 ± 0.03
${}^4\text{He}$	0.63 ± 0.05	0.61 ± 0.05
π^-	0.33 ± 0.04	0.44 ± 0.05
π^+	0.64 ± 0.05	0.42 ± 0.05

${}^3\text{H}$ va ${}^3\text{He}$ yadrolarining hosil bo'lishi bilan sodir bo'lgan hodisalar soni 364 va 366, ${}^7\text{Li}$ va ${}^7\text{Be}$ yadrolari paydo bo'lishi bilan - 155 va 157 ni tashkil etdi, bu esa 3.25 A GeV/c impulsli ${}^{16}\text{O}$ p- to'qnashuvlarida ko'zgu yadrosi hosil bo'lishida inklyuziv kesimlarning mos kelishi oldingi natijalarimizni tasdiqlaydi [8]. Zaryadlangan mezonlar va ${}^3\text{H}$ va ${}^3\text{He}$ yadrolarining o'rtacha ko'pligining qiymatlari, shuningdek ${}^7\text{Li}$ va ${}^7\text{Be}$ yadrolarining hosil bo'lishiga hamroh bo'ladigan yadro qismlarining umumiy qiymatlari 1-jadvalda keltirilgan. Jadvaldan ko'rinib turibdiki, zaryadlangan mezonlar va ${}^3\text{H}$, ${}^3\text{He}$ yadrolari parchalarining o'rtacha qiymatlari 7-yadroli ko'zgu yadrolarini hosil bo'lishining har ikkala kanali uchun statistik xatolar chegaralariga to'g'ri keladi.

Bundan tashqari, yuqorida ko'rsatilgan ikki zaryadli parchalarning (^3He va ^4He) qiymatlari taqsimoti va ularning o'rtacha qiymatlari (^7Li va ^7Be uchun mos ravishda $0,76 \pm 0,05$ va $0,79 \pm 0,05$) ikkala ko'zgu yadrosi uchun ham to'g'ri keladi. Ushbu holatlar ^7Li va ^7Be yadrolarining hosil bo'lishi uchun fizik sharoitlarning yaqinligini ko'rsatadi va snaryad yadrosining bir xil darajada parchalanishini ko'rsatadi. Bu haqiqat, aksincha, bu ko'zgu yadrolarining hosil bo'lishi parchalanadigan yadroning yaqin qo'zg'alish energiyasida sodir bo'ladi degan xulosaga olib keladi.

^7Li yadrosi chiqishi bilan kanalida π^+ - mezonlarning o'rtacha qiymatining ^7Be yadrosi hosil bo'lish kanaliga nisbatan $0,22 \pm 0,07$ ga yuqoriligi ko'proq qiziqish uyg'otadi. Bu neytronlarga boy ko'zgu ^7Li yadrosi shakllanishi asosan nishon protonining kislorod yadrosi protoni bilan o'zaro ta'siri paytida sodir bo'lishini tasdiqlaydi. ^7Li chiqish kanaliga nisbatan ^7Be yadrosining chiqishi kanaldagi π^- - mezonlarning o'rtacha ko'pligining oshishi, shuningdek, ^7Be yadrosining hosil bo'lishi asosan nishon protonining kislorod yadrosi neytroni bilan o'zaro ta'siri natijasida sodir bo'lishini ko'rsatadi. ^7Be hosil bo'lishi bilan kanaldagi $\langle n_{\pi^+} \rangle$ va $\langle n_{\pi^-} \rangle$ o'rtacha qiymatlarning statistik xatolar doirasidagi tasodifiyligi, aftidan, nishon protonning zaryad almashinishidan neytron va π^+ -mezonga musbat zaryadlangan pionlarning qo'shimcha hissasi bilan bog'liq. Ushbu taxmini sinab ko'rish uchun biz aniqlangan nishon protoni bo'lgan hodisalarda zaryadlangan pionlarning o'rtacha ko'pligini ko'rib chiqdik (2-jadval) ya'ni yarim inklyuziv reaksiyalarda:



2-jadvaldan ko'rinib turibdiki, (1')-reaktsiyada ^7Li yadrosi chiqish kanalida π^+ -mezonlarning o'rtacha qiymati π^- -mezonlarning o'rtacha qiymatidan $0,10 \pm 0,07$ ko'p, (2')-reaktsiyada ^7Be yadrosi chiqish kanalida aksincha, π^- - mezonlarning o'rtacha qiymati ($0,10 \pm 0,07$) qiymatga π^+ -mezonlarning o'rtacha qiymatidan katta. Jadvaldan shuningdek, statistik xatolar chegarasida (1') va (2') reaksiyalar uchun zaryadlangan pionlarning umumiy o'rtacha qiymatlarining bir-biriga to'g'ri kelishini ko'rsatadi. 1 va 2-jadvallardan ko'rinib turibdiki, statistik xatolar chegarasida ((1), (1') va (2), (2')) reaksiyalaridagi manfiy pionlarning o'rtacha qiymatii hodisaning nishon protonni o'z ichiga olishiga yoki yo'qligiga bog'liq emas.

2-jadval

(1') va (2') reaksiyalarda zaryadlangan pionlarning o'rtacha qiymatlari.

Reaksiya	Zarralar xili		
	π^+	π^-	$\pi^+ + \pi^-$

(1')	0.41±0.06	0.31±0.05	0.72 ± 0.07
(2')	0.34±0.05	0.44±0.06	0.78 ± 0.07

Bu shuni ko'rsatadiki, nishon proton va snaryad o'rtasidagi zaryad almashinuvi jarayonlari manfiy pionlarning paydo bo'lishida hech qanday rol o'ynamaydi. Kislrorod-16 yadrosi bir xil miqdordagi proton va neytronni o'z ichiga olganligi sababli (1') va (2') reaksiyalar uchun π^+ -mezonlarning umumiy o'rtacha qiymati bu xil reaksiyalar uchun π^- -mezonlarning umumiy o'rtacha ko'pligiga to'g'ri kelishi kerak. 2-jadvaldan ko'rinib turibdiki, bu qiymatlar deyarli bir-biriga to'g'ri keladi ($0,75 \pm 0,07$), bu ham tez π^+ -mezonlarni aniqlash bo'yicha jarayonlarimizning to'g'riligini ko'rsatadi. Bu esa protoni ko'proq ${}^7\text{Be}$ yadrosi nishon protonining proton bilan o'zaro ta'sirida yoki neytroni ko'proq ${}^7\text{Li}$ yadrosi nishon protonining tushayotgan kislrorod yadrosi neytroni bilan o'zaro ta'sirida hosil bo'lishini ko'rsatadi, bunga ko'zgu ${}^7\text{Li}$ va ${}^7\text{Be}$ yadrolarining hosil bo'lishi bilan bog'liq bo'lgan π^- - va π^+ -mezonlarning o'rtacha qiymatlaridagi farq ham yordam beradi.

Ko'zgu yadrolari ${}^7\text{Li}$ va ${}^7\text{Be}$ chiqishi bilan sodir bo'lgan hodisalarda ko'p yadroli bo'laklarning o'rtacha qiymatining bir-biriga mos kelishi shuni anglatadiki, ulardan ko'rib chiqilgan ko'zgu yadrolari $A=7$ massa sonlari, ikkita α -klasterdan nuklonlar birini urib chiqarilishini tashdiqlaydi. Aks holda, ${}^7\text{Be}$ chiqishi bilan kanaldagi ${}^3\text{H}$ yadrolarining qiymati yuqoriligi ${}^7\text{Li}$ chiqishi kanaliga nisbatan katta bo'ladi va ${}^7\text{Li}$ chiqishi bilan kanaldagi ${}^3\text{He}$ yadrolarining qiymati ${}^7\text{Be}$ chiqishi kanaliga nisbatan yuqori bo'ladi. (42) va (32) topologiyalarni hisobga olgan holda, ${}^7\text{Be}$ bo'lgan kanaldagi ${}^3\text{He}$ yengil parchalarining ulushi ${}^7\text{Li}$ bo'lgan kanaldagi ko'rsatkichdan biroz oshib ketadi va mos ravishda $0,26 \pm 0,05$ va $0,14 \pm 0,04$ ga teng ekanligi aniqlandi. Sifat jihatidan ushbu effektni quyidagicha talqin qilish mumkin. Agar qoldiq qo'zg'atilgan yadroda birlamchi kaskad jarayoni tugagandan so'ng neytronlarga qaraganda protonlar ko'proq mavjud bo'lsa, unda ko'p zaryadli bo'laklar tarkibida protonlar ko'proq bo'ladi. Ko'zgu kanallaridagi π^- va π^+ - mezonlarining o'rtacha qiymatlaridagi farq proton va neytronlarning zaryad almashinuvi jarayonlarida qatnashganligi sababli, ayniqsa $Z=2$ bo'lgan ikkita parchalarning chiqishi bilan topologiyalarda yaqqol seziladi. 3-jadvalda ko'zguli topologiyalardagi $\langle n_{\pi^-} \rangle$ va $\langle n_{\pi^+} \rangle$ ning qiymatlari keltirilgan.

Kislrorod yadrosi bilan nishon protonining o'zaro ta'siri boshlang'ich yadrodan chiqarib yuborilgan neytron bilan sodir bo'lgan taqdirda, qolgan oraliq qo'zg'atilgan yadroda neytronlar kamroq bo'ladi va keyin kislrorod yadrosi ko'p yadroli bo'laklarga bo'linib, ${}^7\text{Be}$ yadrosi paydo bo'lish ehtimoli ${}^7\text{Li}$ yadrosiga qaraganda ancha yuqori bo'ladi.

3-jadval

(422) va (322) ko'zguli topologiyalarda zaryadlangan pionlarning o'rtacha qiymatlari

Zarralar xili	Топология	
	422	322
$\langle n_{\pi^-} \rangle$	0.45 ± 0.12	0.10 ± 0.03
$\langle n_{\pi^+} \rangle$	0.27 ± 0.09	0.58 ± 0.15

Aksincha, nishon protonining kislorod yadrosi protoni bilan o'zaro ta'siri bo'lganda, qolgan oraliq qo'zg'atilgan yadroda ko'proq neytronlar bo'ladi va keyin kislorod yadrosi ko'p nuklonli bo'laklarga bo'linish paytida ${}^7\text{Li}$ yadrosi hosil bo'lish ehtimoli ${}^7\text{Be}$ yadrosiga qaraganda ancha katta bo'ladi. Manfiy pionlarning qiymati neytron zaryadi almashinuvi bilan bog'liq bo'lganligi sababli, ${}^7\text{Be}$ ko'zgu yadrosi hosil bo'lish kanalidagi π^- -mezonlarning o'rtacha ko'pligi ${}^7\text{Li}$ kanaliga qaraganda katta bo'ladi. Aksincha, musbat pionlarning qiymati proton zaryadi almashinuvi bilan bog'liq, shunda ko'zgu ${}^7\text{Li}$ yadrosi hosil bo'lish kanalidagi π^+ -mezonlarning o'rtacha ko'pligi ${}^7\text{Be}$ kanaliga qaraganda katta bo'ladi. Ushbu xususiyatlar 3-jadvaldan aniq ko'rinib turibdi.

3,25 GeV/c impuls ${}^{16}\text{O}$ -o'zaro ta'sirlashuvida nuklon uchun ko'zgu yadrolari (${}^3\text{H}$, ${}^3\text{He}$, ${}^7\text{Li}$ va ${}^7\text{Be}$) va π^\pm -mezonlarning hosil bo'lishini o'rganishning asosiy xulosalarini keltiramiz. Avvalo, ushbu ko'zguli yadrolari inklyuziv kesimlarining mos kelishi ko'rsatishimiz mumkin. Nuklonlarning o'rtacha qiymati (proton va neytronlarning umumiy o'rtacha qiymati) va $A = 2-4$ massa sonli hamrox yadrolarning (1) va (4) reaksiyalardagi mos tushishi, shuningdek ${}^3\text{H}$, ${}^3\text{He}$ yoki ${}^7\text{Li}$, ${}^7\text{Be}$ yadrolarining o'rtacha qiymatlari mos kelishi, biz ko'zguli yadrolarning hosil bo'lishining fizik shartlari o'xshash degan xulosaga kelishimizga imkon beradi. Ushbu ishda keltirilgan ma'lumotlar ushbu kuzatiladigan yadrolar va zarralarning paydo bo'lishida elektr va barion zaryadlarining saqlanish qonunlarining muhim rolini ko'rsatadi. Ularning yordami bilan olingan neytron parchalarining o'rtacha qiymati, nishon proton zaryadini parchalanadigan yadroning neytronlariga uzatilishini hisobga olgan holda, proton parchalarining qiymati keltirilgan. ${}^3\text{H}$ (${}^7\text{Li}$) va ${}^3\text{He}$ (${}^7\text{Be}$) ko'zgu yadrolari zaryadlarining farqi asosan protonlarni qo'shimcha hosil bo'lishi bilan tushuntiriladi.

Foydalanilgan adabiyotlar ro'yxati

1. К. Олимов, В. В. Глаголев, К. Г. Гуламов, А. Курбанов, С. Л. Лутпуллаев, А.К.Олимов, В. И. Петров, А.А.Юлдашев. Развал ядра кислорода на легкие фрагменты с массовыми числами $A \leq 4$ в ${}^{16}\text{O}$ -взаимодействиях при 3.25 А ГэВ/с. **Ядерная физика** **75**, 2012 г. С. 432–437

2. К. Олимов, К.Г.Гулямов, А. Курбанов, С.Л. Лутпуллаев, В.И. Петров, А.А. Юлдашев. Корреляция выхода легких зеркальных ядер ^3H и ^3He и дейтронов в ^{16}O -соударениях при 3.25 А ГэВ/с. **Журнал “ДАН РУз”**, №1, 2012 г.

3. К. Олимов, А. Курбанов, С. Л. Лутпуллаев, А.К.Олимов, В. И. Петров, А.А.Юлдашев акад АН РУз. Б.С. Юлдошев. Образование зеркальных семинуклонных систем и ядер в ^{16}O - соударениях при 3.25 А ГэВ/с. **Журнал “ДАН РУз”**, №6, 2013, С. 28-29

4. К. Олимов, А. Курбанов, С. Л. Лутпуллаев, А.К.Олимов, В. И. Петров, А.А.Юлдашев акад АН РУз. Б.С. Юлдошев. Образование шестинуклонных систем и ядер в ^{16}O - соударениях при 3.25 А ГэВ/с. **Ядерная физика 77**, 2014, С. 349

5. К. Олимов, В. В. Глаголев, К. Г. Гуламов, А. Курбанов, С. Л. Лутпуллаев, А.К.Олимов, В. И. Петров, А.А.Юлдашев. Сравнительный анализ характеристик каналов образования ядер дейтронов и трития в ^{16}O -взаимодействиях при 3.25 А ГэВ/с. **Ядерная физика 77**, №12, 2014.

6. К. Олимов, А. Курбанов, С. Л. Лутпуллаев, А.К.Олимов, В. И. Петров, А.А.Юлдашев академик АН РУз. Б.С. Юлдошев. Сравнительный анализ образование многонуклонных систем и ядер с участием зеркальных ядер ^3He и ^3H в ^{16}O -взаимодействиях при 3.25 А ГэВ/с. **Журнал “ДАН РУз”**, №3, 2014,С. 34-37