

3.25 A GeV/c impulsli ^{16}O -to'qnashuvlarida kislorod yadrosining $A \leq 4$ massa sonli yengil fragmentlarga parchalanishi

**Qurbonov Anvar Razzaqovich¹, Xolbo'taev Sherzod Xabibullaevich¹,
Burxonov Behzod Esanboy o'g'li²**

¹A.Qodiriy nomidagi JDPI, Fizika va uni o'qitish metodikasi kafedrası
o'qituvchilari, ²Fizika va astronomiya yo'nalishi talabasi Jizzax, O'zbekiston
e-mail: anvar.fizik@mail.ru

Калит сўзлар: Eksperimental ma'lumot, poluinlyuziv reaksiya, α -klaster, assosiyatsiyalangan deytron, o'rtacha ko'plamchlik.

Annotatsiya. 3.25 A GeV/c impulsli ^{16}O -to'qnashuvlarida ^4He va ^2H yadrolari chiqishidan bog'liq poluinlyuziv reaksiyalarda ^3He va ^3H kuzguli yadrolar bo'lishi bo'yicha yangi eksperimental ma'lumotlar keltirilgan. ^3H va ^3He fragmentlarining birgalikda hosil bo'lishi kanallarini tahlil qilish asosida deytron ikki xil α -klasterning proton va neytronlaridan hosil bo'lmasligi, ya'ni deytron yadrolari hosil bo'lishi bitta α -klasterning fragmentasiyalanishidan hosil bo'lganligi ko'rsatildi

Аннотация: Представлены новые экспериментальные данные о корреляциях выходов ядер ^4He и ^2H в полuinклюзивных реакциях с образованием зеркальных ядер ^3He и ^3H в ^{16}O -соударениях при 3.25 А ГэВ/с. Установлена независимость средних множественностей протонов- и нейтронов-фрагментов от числа ассоциированных дейтронов, указывающая на то, что значительная их часть образуется за счет разрушения α -кластеров ядра кислорода.

Ключевые слова: экспериментальные данные, полuinклюзивных реакциях, α -кластеров, ассоциированных дейтронов, средних множественностей.

Abstract. New experimental data about correlations of yields of nuclei ^4He and ^2H in semiinclusive reactions with formation of mirror nuclei ^3He and ^3H in ^{16}O collisions at 3.25 A GeV/c are presented. Independence of average multiplicities of protons- and neutrons-fragments of number of the associated deuterons, specifying that their considerable part is formed at the destruction of α -clusters of a nucleus of oxygen is established.

Key words: experimental data, semiinclusive reactions, α -clusters, associated deuterons, average multiplicities.

Relyativstik yadrolarning adronlar va yadrolar bilan o'zaro tasirlashuvida parchalanish jarayonini tekshirish adron yadro to'qnashuvlarining mumkin bo'lgan mexanizmlari haqida ma'lumot olish imkoniyatini beradi. Jumladan asosan ekslyuziv va poluinlyuziv kanallarda ikki va uchnuklonli ($A=2-3$) parchalar xarakteristikalarini tekshirish dastlabki yadro tuzilishining ahamiyati va ularning vujudga kelish mexanizmlari haqida ma'lumotlar beradi. Bundan tashqari kuzguli yadrolar juftining birgalikda hosil bo'lish jarayonining muhokamasi reaksiyalarda

yadroga proton va neytron bir xil sonidan zaryad almashinuv asoslarini tadqiq qilish imkoniyatini beradi.

Ushbu maqolada bir metrli vodorodli pufakchali kamera (VPK) da olingan, har bir nuklonga 3.25 GeV/c impulsli kislorod-proton ta'sirlashuvlari bo'yicha eksperiment ma'lumotlarining fizik tahliliga asoslangan natijalar taqdim etilgan. Eksperiment materiali "Fizika-Quyosh" IChB Fizika-texnika instituti Yuqori energiyalar laboratoriyasida o'lchangan aniqlik darajasi 11029 ta ^{16}O -hodisalar tahliliga asoslanadi. Parchalangan zarrachalarni ajratish uchun massa soni bo'yicha ajratish usuli qo'llaniladi, eksperimentning bu usulida fragmentlarning o'rtacha impulsli uning massa soniga proporsional bo'ladi. Belgilab qo'yamizki, protonlarning energetik spektrida biz qarayotgan hodisalarda ajratilgan parchalarning o'lchash aniqligini oshirish uchun tezkor bir zaryadli zarralar izlarini o'lchashda izlarning kameradagi uzunligi 35 sm dan ortig'ini olamiz. Bunday tanlashlarda impulsini o'lchashganda o'rtacha chetlanish ^1H , ^2H uchun 3 % va ^3H uchun 5 % dan oshmaydi. Parchalash mahsulotlari impuls oraliqlari bo'yicha ajratilgan: Bir zaryadli fragmentlar: $1.75 < p < 4.75$ GeV/c oraliq'dagi bir zaryadli fragmentlar protonlar hisoblanadi, $4.75 < p < 7.75$ GeV/c oraliq'idagilar ^2H ga va $p > 7.75$ GeV/c oraliqidagilar ^3H yadrosiga tegishli bo'ladi. Bunday tanlash $p \geq 1.75$ GeV/c dan yuqori impulsda protonlari bilan π^+ -mezonlar aralashuvi e'tiborsizlanishi mumkin, chunki π^+ -mezonlar hosil bo'lishi, bunday impulsda kinematik ravishda mumkin emas. Ikki zaryadli fragmentlar: $p < 10.75$ GeV/c oraliqidagi ikki zaryadli fragmentlar ^3He ga tegishli, $p > 10.75$ GeV/c oraliqidagilar esa ^4He yadrosiga tegishli hisoblanadi. Bunday fragmentlarni aniqlashda ($L > 35$ sm) massa izotoplarning aralashib ketishi 4-5% dan oshmaydi. Uch zaryadli fragmentlar: $p < 21.25$ GeV/c impulsli uch zaryadli fragmentlar ^6Li yadrosiga tegishli, $21.25 < p < 24.5$ GeV/c oraliqidagilar ^7Li yadrosiga, $p \geq 24.5$ GeV/c oraliqidagilar esa ^8Li yadrosiga tegishli bo'ladi. To'rt zaryadli fragmentlar: $p < 25.75$ GeV/c impulsli to'rt zaryadli fragmentlar ^7Be yadrosiga tegishli, impuls spektri boshlanishi ^7Be yadrolari impuls spektri oxiri bilan yopilishi mumkin bo'lgan berilliy yadro izotoplari orasida ^8Be turg'un yadrolari mavjud emas. Hamda $25.75 < p < 30.75$ GeV/c impuls oraliq'i ^9Be yadrosiga tegishli va $p > 30.75$ GeV/c ^{10}B yadrosiga tegishli bo'ladi.

Ushbu ishda 3.25 A GeV/c impulsli ^{16}O -to'qnashuvlarida hosil bo'ladigan $A > 4$ massa sonli yengil fragmentlar poluinlyuziv reaksiyalari muhokama qilingan:



ya'ni, ${}^3\text{He}$ va ${}^3\text{H}$ yengil ko'zgu yadrolarning hosil bo'lishi assosotsiyalangan α -zarralar va shu bilan birga deytronlar soniga bog'liqligi sifatida o'rganildi, barion va elektr zaryadlarining saqlanish qonuniga muvofiq k-deytronlarning soni 0 dan 7 gacha o'zgarishi mumkin (bizning eksperimentda 4 ta deytron hosil bo'ladigan hodisalar kuzatiladi) va x-kislorod yadrosining fragmentlari protonlar va neytronlar, shuningdek tepki-proton va pionlar bo'lishi mumkin.

1-jadvaldan ko'rishimiz mumkin, ${}^3\text{He}$ va ${}^3\text{H}$ ko'zgu yadrolari hosil bo'lishiga hamroh bo'ladigan zarralarga zaryadi $z > 2$ va massa soni $A > 4$ bo'lgan ko'p zaryadli fragmentlar kirmaydi, ya'ni (1) va (1') reaksiyalar kislorod yadrosining deyarli to'liq bir zaryadli fragmentlarga parchalanishini anglatadi. Yuqoridagi reaksiyalar ro'yxatidan ko'rinib turibdiki (1) va (1'), (2) va (2') va boshqa kanallarning xarakteristikalari juft-juft bo'lib taqqoslanadi, bunda ko'p nuklonli fragmentlarda nuklonlar muqdiri bir xil, ammo ularning elektr zaryadlari bir birlikka farq qiladi. Qaralayotgan (1-4) va (1'-4') reaksiyalardagi hodisalarning umumiy soni 730 taga teng bo'ldi. ${}^3\text{He}$ yadrosi hosil bo'lishi bilan kuzatilayotgan (1-4) reaksiyalarida hodisalarning to'liq soni 364 taga teng bo'lib, bu (1'-4') reaksiyalarida hodisalarning to'liq soni 366 taga mos keladi.

Kuchli o'zaro ta'sirlashuvdagi izotopik invariantlikka asosan bunday mos kelishlikni (1'-4') reaksiyalarda nishon sifatida proton o'rnida neytron bo'lganda kutish mumkin edi. Shu tufayli olingan natijalar trivial emas hisoblanadi (1-4) va (1'-4') 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'pnuklonli fragmentlarga bermaganida mumkin bo'ladi. Darhaqiqat, hodisalarda 99% dan ko'prog'ida neytron protonga qayta zaryadlanishi $np \rightarrow pn$ reaksiyasida kislorod yadrosidan bitta nuklonli fragment sifatida chiqib ketadi.

Boshqa tomondan, (1-4) va (1' - 4') reaksiyalardagi hodisalar umumiy sonlarining mos kelishini kislorod yadrosining α -klaster tuzilishi asosida izohlash mumkin. Darhaqiqat, tahlil qilingan energetikada pp va pn -o'zaro tasirning kesimlari bir-biriga to'g'ri kelganligi sababli, α -klasterning neytronini yoki protonini nishon proton tomonidan urib chqarilishi natijasida ${}^3\text{He}$ va ${}^3\text{H}$ yadrolarining hosil bo'lishi ehtimoli ham bir-biriga to'g'ri kelishini 1-jadvaldan ko'rinib turibdi..

1-Jadval.

(1-4) va (1' - 4') reaksiyalardagi $\langle n_p \rangle$ proton fragmentlar, $\langle n_d \rangle$ deytronlar, $\langle n_n \rangle$ neytronlar, $\langle n(p_{rec}) \rangle$ tepki protonlar, $\langle n(\pi^-) \rangle$ π^- mezonlar va $\langle n(\pi^+) \rangle$ π^+ -mezonlar o'rtacha ko'plamchiligi, snaryad fragmentlari yig'indi zaryadi (Q) va hodisalar soni (N_{hod}) keltirilgan.

n_α	Reaksiya	$N_{\text{сoб}}$	Q	Zarralar va parchalar o'rtacha ko'plamchiligi					
				$\langle n_p \rangle$	$\langle n_d \rangle$	$\langle n_n \rangle$	$\langle n(p_{\text{omo}}) \rangle$	$\langle n(\pi^-) \rangle$	$\langle n(\pi^+) \rangle$
0	(1)	64	8.48 ± 0.24	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	(2)	151	8.57 ± 0.14	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	(3)	132	8.23 ± 0.09	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	(4)	17	8.30 ± 0.11	0.30 ± 0.11	0	0.70 ± 0.14	0.72 ± 0.12	0.24 ± 0.10	0.24 ± 0.10
0	(1')	60	7.97 ± 0.21	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	(2')	153	7.97 ± 0.12	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	(3')	132	7.94 ± 0.09	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	(4')	21	7.84 ± 0.15	0.84 ± 0.15	0	0.16 ± 0.21	0.78 ± 0.15	0.27 ± 0.09	0.61 ± 0.12

(1-4) reaksiyalar bo'yicha hisoblangan snaryad fragmentlarining o'rtacha umumiy zaryadlari 8.42 ± 0.05 , hamda (1' - 4') reaksiyalar bo'yicha 7.95 ± 0.05 tashkil qilishi o'rnatildi. ^3H va ^3He ko'zgu yadrolari hosil bo'lgan kanallardagi zaryadlar orasidagi bu nisbat, hamrohlik qiluvchi α -zarrachalarning har xil sonli kanallarini ko'rib chiqishda ham saqlanib qoladi. 1-jadvaldan shuni ko'rish mumkinki, snaryad fragmentlarining umumiy zaryadlari (1' - 4') reaksiyalardagi snaryad fragmentlarining umumiy zaryadlardan muntazam ravishda yuqori, bu (1 - 4) reaksiyalarning kislorod yadrosi neytronining nishon proton bilan o'zaro ta'sirlashuvi, hamda (1' - 4') reaksiyalarda esa kislorod yadrosi protoni bilan nishon proton o'zaro ta'sirlashuvi ustunligini anglatadi.

Deytron va proton-fragmentlarning umumiy o'rtacha ko'plamchiliklari (1'-4') reaksiyalarda elektr va barion zaryadlarining saqlanish qonunlariga asosan hodisalarda turlicha zaryad almashinuv jarayonlari ($p \rightarrow n\pi^+$, $n \rightarrow p\pi^-$ va $np \rightarrow pn$) yo'q bo'lganda, (1-4) reaksiyalarga qaraganda bir-birlikka kattaroq bo'lishi kerak,

Shu bilan birga, 1-jadvaldan ko'rinib turibdiki, muhokama qilinayotgan reaksiyalardagi deytronlarning o'rtacha ko'plamchiliklari statistik xatoliklar chegarasida juft-juft bo'lib mos keladi. (1-4.4) va (1' - 4') reaksiyalarda deytronlarning o'rtacha ko'plamchiliklarining mos kelishligini quyidagicha talqin qilish mumkin. Deytron hosil bo'lish ehtimoli proton-neytron juftlari soniga proporsional bo'lganligi sababli, unga hamroh bo'lgan proton-ortiqcha yoki neytron-ortiqcha yadrolar deytronlar chiqishida bir xil darajada ta'sir qiladi.

Deytron fragmentlarning o'rtacha ko'plamchiligi $\langle n_d \rangle$ ning kamayishi barion zaryadining saqlanish qonuniga asosan assosotsiyalangan α -zarrachalar sonidan bog'liq bo'ladi. (4) va (4') reaksiyalarda deytronlarning hosil bo'lishi kuzatilmaydi. Bu (4) reaksiyada, biz ko'rib chiqayotgan to'qnashuv energiyasida nishon proton tomonidan kislorod yadrosi neytronini biriktirib olish jarayonini amalga oshirish ehtimoli juda pastligini ko'rsatadi. Reaksiya (4') da erkin neytron

yo'qligi sababli deytron hosil bo'lmaydi, ya'ni dastlabki kislorod yadrosining barcha 8 ta neytronlari ko'p nuklonli fragmentlarga bog'langan holatda bo'ladi.

3.25 A GeV/c impulsli ^{16}O -to'qnashuvlarida ^4He va ^2H yadrolari chiqishidan bog'liq poluinklyuziv reaksiyalarda ^3He va ^3H kuzguli yadrolar bo'lishi bo'yicha yangi eksperimental ma'lumotlar bo'yicha xulosa keltiramiz. Kislorod yadrosi bilan protonlar o'zaro ta'sirlashuvida turli xil sondagi ^4He va ^2H yadrolari bo'lgan kanallarda engil «ko'zgu» yadrolar (^3H va ^3He) hosil bo'lishi bilan kuzatiladigan hodisalar soni juft-juft mos kelishi ko'rsatildi. Proton va neytron fragmentlari o'rtacha ko'plamchiligi assotsiatsiyalangan deytronlar soniga bog'liq emasligi kuzatildi. Bundan esa ushbu kanallarda kislorod yadrosi tarkibidagi α -klasterlar bo'linishi hisobiga deytronlarning salmoqli qismi hosil bo'lishi haqida xulosa kelib chiqadi. Proton va neytron fragmentlarining o'rtacha ko'plamchiligi assosotsiyalangan deytronlar soniga bog'liq emasligi o'rnatildi, bu ko'rib chiqilayotgan kanallarda deytronlarning muhim qismi kislorod yadrosining α -klasterlarining fragmentasiyalanishi tufayli hosil bo'lishini ko'rsatadi

Foydalanilgan adabiyotlar ro'yxati

1. Олимов К., Курбанов А., Лутпуллаев С.Л., Олимов Х.К., Петров В.И., Юлдашев А.А., Глаголев В.В., Шеркулов У.Д. Образование многонуклонных систем и ядер с массовыми числами 6 и 7 в ^{16}O -соударениях при импульсе 3.25 ГэВ/с на нуклон// Ядерная физика. – Москва, 2009. – т.72, №4. – С. 636-639

2. Olimov K., Glagolov V.V., Lutpullaev S.L., Kurbanov A., Olimov A.K., Petrov V.I. and Yuldashev A.A.. Production of mirror nuclei ^7Li and ^7Be in ^{16}O interactions at a momentum of 3.25 GeV/c per nucleon // Physics of atomic nuclei. - Pleiades Publishing (USA), 2011. – Vol. 74, N2. – pp. 268-271

3. Олимов К., Лутпуллаев С.Л., Гулямов К.Г., Курбанов А., Олимов А.К., Петров В.И., Юлдашев А.А., Образование фрагментов с массовыми числами $A \leq 4$ во взаимодействиях ядер кислорода с протонами при импульсе 3.25 А ГэВ/с // Доклады Академии наук РУз. – Ташкент, 2011.- №1. – С. 35-37

4. Олимов К., Глаголев В. В., Гуламов К. Г., Курбанов А., Лутпуллаев С. Л., Олимов А.К., Петров В. И., Юлдашев А.А., Развал ядра кислорода на легкие фрагменты с массовыми числами $A \leq 4$ в ^{16}O - взаимодействиях при 3.25 А ГэВ/с// Ядерная физика. – Москва, 2012. – т.75, №4. – С. 432-437

5. Олимов К., Гуламов К. Г., Курбанов А., Лутпуллаев С. Л., Петров В.И., Юлдашев А.А., Корреляция выхода легких зеркальных ядер ^3He и ^3H и дейтронов в ^{16}O -соударениях при импульсе 3.25 А ГэВ/с// Доклады Академии наук РУз. – Ташкент, 2012.- №1. – С. 34-36

6. Олимов К., Курбанов А., Лутпуллаев С. Л., Олимов А.К., Петров В.И., Юлдашев А.А. акад. АН РУз. Юлдашев Б.С., Образование зеркальных семиноуклонных систем и ядер в ^{16}O -соударениях при 3.25 А ГэВ/с// Доклады Академии наук РУз. – Ташкент, 2013.- №1. – С. 28-29

7. Khusniddin K Olimov, Kosim Olimov, Kadyr G Gulamov, Sagdulla L Lutpullaev, Anvar R Kurbanov, Alisher K Olimov, Vladimir I Petrov, Anvar A Yuldashev, Mahnaz Q Haseeb, Akhtar Iqbal, Komil T Turdaliev, Viktor V Glagolev., About cross-sections of yield of excited $^6\text{Li}^*$, $^7\text{Li}^*$, $^9\text{B}^*$ and $^{10}\text{B}^*$ nuclei and their contributions to formation of multinucleon systems involving ^4He nuclei in ^{16}O collisions at 3.25A GeV/c//International Journal of Modern Physics E T22, Номер08 Страницы1350057 Дата публикации 2013/8/23

8. Олимов К., Курбанов А., Лутпуллаев С. Л., Олимов А.К., Петров В.И., Юлдашев А.А. акад. АН РУз. Юлдашев Б.С., Образование зеркальных семиноуклонных систем и ядер в ^{16}O -соударениях при 3.25 А ГэВ/с// Доклады Академии наук РУз. – Ташкент, 2013.- №1. – С. 28-29

9. Олимов К., Курбанов А., Лутпуллаев С. Л., Олимов А.К., Петров В.И., Юлдашев А.А., Корреляция выхода легких зеркальных ядер ^3H и ^3He и дейтронов в ^{16}O -соударениях при 3.25 А ГэВ/с// Ядерная физика. – Москва, 2014. – т.77, №4. — С. 332-337

10. Olimov K., Glagolov V.V., Gulamov K.G., Kurbanov A., Lutpullaev S.L., Olimov A.K., Petrov V.I. and Yuldashev A.A., Formation of six-nucleon systems and nuclei in ^{16}O collisions at a momentum of 3.25 GeV/c per nucleon, // Physics of atomic nuclei. - Pleiades Publishing (USA), 2014. – Vol. 77, №3. – pp. 325-329

11. Олимов К., Курбанов А., Лутпуллаев С.Л., Олимов А.К., Петров В.И., Юлдашев А.А., акад. АН РУз. Юлдашев Б.С., Сравнительный анализ образование многонуклонных систем и ядер с участием зеркальных ядер ^3He и ^3H в ^{16}O -взаимодействиях при 3.25 А ГэВ/с// Доклады Академии наук РУз. – Ташкент, 2014.- №3. – С. 34-37

12. Юлдашев Б.С., Олимов К., Курбанов А., Лутпуллаев С.Л., Олимов А.К., Базаров Э.Х., Тожимаматов Ш.Д., Некоторые особенности образования зеркальных семиноуклонных систем и ядер в ^{16}O -соударениях при 3.25 А ГэВ/с //Узбекский физический журнал. – Ташкент, 2017. –vol 19, № 2, – С.120-123

13. Юлдашев Б.С., Олимов К., Тожимаматов Ш.Д., Турдиев Б.Р., Мамасолиев М.Ш., Дусмурадов Э.Э., Курбанов А.Р., Файзиев Т.Б., Абдиев Б.Ш., Тургунов А.Р., Процессы образования ядер ^7Be и системы $(\alpha+^3\text{He})$ в каналах с выходом α -частиц в ^{16}O -взаимодействиях при 3.25 А ГэВ/с //Узбекский физический журнал. – Ташкент, 2018. –vol 20, № 5, – С.283-286

14. Olimov KH.K., Tojimamatov Sh.D., Olimov K., Mardanova Z., Lutpullaev S.L., Olimov A.K., Bozorov E.X., Sh.Z. Kanokova., Kurbanov A., Gulamov K.G., About transversal momentum distributions of negative pions in $P^{12}C$ and $Pi^{12}C$ collisions at high energies //Ukr.J.Pys. 2020. Vol65. N2

15. Bekmirzaev R.N., Tugalov F.Q., Zokirov M., Qurbonov A.R., Saydaev O., Mustafoeva., The development of the scientific outlook of students in the study physics course// ACADEMICIA A n I n t e r n a t i o n a l M u l t i d i s c i p l i n a r y R e s e a r c h J o u r n a l Vol.10l