



№6/2026

ANDIJON DAVLAT PEDAGOGIKA INSTITUTI

ADPI
Ilmiy xabarnomasi

YUQORI ENERGIYALAR FIZIKASIDA YADROVIY MODDANI YARATISH

Abdurakhimov Abdulatif Umurzakovich

Andijon davlat universiteti

Annotatsiya.

Relyativistik yadrolar nuklonlar bilan o'zaro ta'sirlashganda ikkilamchi zarrachalar hosil bo'ladi, natijada kumulyativ effekt paydo bo'ladi. Bu ta'sir birinchi marta BYaTl sinxrofasotronida (Dubna, Moskva viloyati) tajribada kuzatilgan. Keyingi bunday experimentlarida Evropaning (CERN) va AQShning (Berkli) fizika markazlarida o'tkazilgan. Umumiy xarakteristikalar - kvant xromodinamikasi (KXD) doirasidagi kvark yadro moddasini laboratoriya sharoitida olish va o'rganishning yagona yo'li ekanligi ta'kidlangan.

Kalit so'zlar:

Yadroviy, yuqori energiyali, relivistik, nuklon, kvark, plazma, glyuon.

Аннотация.

При взаимодействии релятивистской ядер с участием нуклонов рождаются вторичные частицы с возникновением кумулятивного эффекта. Такой эффект впервые наблюдался в эксперименте на синхрофазотроне ОИЯИ (г. Дубна, Мос. обл.). Затем эксперименты проводились во многих физических центрах Европы (ЦЕРН) и США (Беркли). Описывается общая характеристика - динамика кварков и глюонов в рамках квантовой хромодинамики (КХД). Утверждено, что в настоящее время взаимодействия релятивистских ядер являются единственным способом получать и изучать в лабораторных условиях ядерную материю, частично (или полностью) находящуюся в фазе кварк-глюонной плазмы (КГП).

Ключевые слова:

Ядерная, высокая энергия, релятивистская, нуклон, кварк, плазма, глюон.

Abstract.

When relativistic nuclei interact with nucleons, secondary particles are formed with the emergence of a cumulative effect. This effect was first observed in an experiment at the JINR synchrophasotron (Dubna, Moscow region). Then experiments were conducted in many physical centers in Europe (CERN) and the USA (Berkeley). The general characteristic - the dynamics of quarks and gluons within the framework of quantum chromodynamics (QCD) is described. It is stated that at present the interactions of relativistic nuclei are the only way to obtain and study in laboratory conditions nuclear matter, partially (or completely) in the phase of quark-gluon plasma (QGP).

Keywords:

Nuclear, high energy, relativistic, nucleon, quark, plasma, gluon.

Zamonaviy yadro fizikasi rivojlanishining muhim sohalaridan biri relyativistik yadro fizikasidir. Bu yo'nalish 20-asr oxirida bir qator amaliy muammolarni hal qilish zarurati bilan bog'liq holda, shuningdek, Dubna (SSSR) va Berkli (AQSh) shaharlarida yadrolarni relativistik tezlikka (yorug'lik tezligiga yaqin) tezlashtirishdagi ba'zi nazariy ishlanmalar va muvaffaqiyatlar tufayli paydo bo'ldi.

Relyativistik yadro fizikasini yadro fizikasining shartlar ostida yadrolarning o'zaro ta'sirini o'rganadigan sohasi sifatida aniqlash mumkin.

$$P^2 / m^2 \gg 1$$

Bu erda p va m mos ravishda o'zaro ta'sirlashuvchi yadrolarning impulsi va massasi.

Yuqori energiyali zarrachalar oqimi uzoq vaqt davomida proton va elektron tezlatgichlarda ishlab chiqarilgan, ya'ni zarrachalarni birlik elektr zaryadi bilan tezlashtirish orqali. Birlikdan kattaroq zaryadga ega bo'lgan zarralarni tezlashtirish, printsiplial jihatdan, tezlashtirilgan zarrachalarning energiyasini tezlatgich prinsiplial bir xil bo'lgan zaryad ko'paytirgichiga teng bo'lgan koeffitsientga protonlar energiyasidan kattaroq bo'lishiga imkon beradi. Shuning uchun, kattaroq zaryadga ega bo'lgan og'ir yadrolarni tezlashtirish orqali nisbatan arzonroq usulda rekord darajada yuqori energiyaga ega bo'lgan zarrachalar oqimini olish mumkin.

Murakkab yadro yuqori energiyasini bitta protonga o'tkazishi mumkinmi degan savolga salbiy javob berilgan edi. Yadroning "zichmasligi" va nuklonlar guruhi energiyasini bitta

nuklonda to'plash ehtimoliligini sustligi haqida birinchi marta akademik A.M. Baldinning asarida mulohazalar ilgari surildi. Baldin bu muammoni ko'rib chiqib, eksperimental ma'lumotlar tahlili asosida bashoratlar qilindi va berilgan savolga ijobiy javob berildi [1].

Nuklonlar guruhi ishtirokida relyativistik yadrolarning o'zaro ta'sirida ikkilamchi zarrachalarning hosil bo'lishi yadro kumulyativ effekti deyiladi.

Kumulyasiya atamasi (lotincha Cumulatio – “to'plash” yoki kumulo – “men yig'aman”) so'zma-so'z ma'noda unga o'xshash bir nechta effektlarning qo'shilishi yoki to'planishi natijasida har qanday effektning kattalashishi yoki kuchayishini bildiradi.

Deytron dastasi bilan birinchi tajribalar Dubna shahrida o'tkazildi (JINR – Birlashgan Yadroviy tadqiqotlar instituti). Yadro kumulyativ effekti birinchi marta sinxofazotronida V.S. Stavinskiy rahbarligidagi bir guruh fiziklar tomonidan kuzatilgan. Ushbu tajribada mis nishonida deytronlar va protonlar tomonidan pionlarni hosil qilish uchun qo'sh differensial kesmalarning qiymati aniqlandi.

$$\alpha(x) = \frac{d^2\delta(d + Cu \rightarrow \pi^- + \dots)}{d^2\delta(p + Cu \rightarrow \pi^- + \dots)}$$

Bu erda $x = P_\pi / P_\pi^{max}$ (P_π – π mezonning impulsi, P_π^{max} – π mezonning maksimal impulsi.) $\alpha(x)$ pionlarning nisbiy chiqish qiymati o'lchov xatosi 0,060+0,007 ga teng va x argumentiga bog'liq emasligi aniqlandi.

Yadro kumulyativ ta'sirining birinchi eksperimental kuzatuvidan so'ng uni tizimli o'rganish boshlandi va hozirgi vaqtda ko'p eksperimental ma'lumotlar to'plangan. Endi biz ushbu ma'lumotlarning bir qismini ko'rib chiqamiz, tegishli tahlil va xulosalarni taqdim etamiz. Tajribalar CERN va BNL kabi fizika markazlarida o'tkazilgan.

Biroq, avvalo, relyativistik yadrolarning o'zaro ta'siriga oid ba'zi savollarni ko'rib chiqaylik va bu bizga ushbu tajribalar natijalarini yaxshiroq tushunish imkonini beradi.

Ma'lumki, kvark va glyuonlarning dinamikasi kuchli o'zaro ta'sirlarning relyativistik kvant nazariyasi bo'lgan kvant xromodinamikasi (KXD) doirasida tasvirlangan. Kvark modeli kuzatilgan adron spektrining ko'pgina xarakterli xususiyatlarini yaxshi tushuntirishga imkon beradi: massalar, kvant sonlari va parchalanish rejimlari.

Relyativistik yadrolarning to'qnashuvini laboratoriya sharoitida zarur energiya zichligidagi moddani olish uchun qo'llash mumkin. Bu usul Dubnadagi JINR sinxrofasotronida va Berkliidagi Bevalac tezlatgichida eksperimental ravishda amalga oshirilgan. Hozirgi vaqtda relyativistik yadrolarning o'zaro ta'siri qisman (yoki to'liq) kvark-glyuon plazmasi (KGP) fazasida bo'lgan yadro moddasini laboratoriya sharoitida olish va o'rganishning yagona usuli hisoblanadi.

Ikkilamchi zarrachalar ko'p yulduzli hodisalar RHIC energiyalarida o'rganilgan. Mayjud nazariy modellar boshlang'ich energiya ortishi bilan ko'plikning tez o'sishini bashorat qiladi va bu o'shish markazlashuvning ortishi bilan yanada aniqroq bo'ladi. RHICda olingan ma'lumotlar ko'plikning o'sishi kutilganidan sezilarli darajada sust ekanligini ko'rsatdi. Eksperimental ma'lumotlar shuni ko'rsatadiki, yumshoq zarrachalarning ko'pligini tavsiflash uchun eng munosib nomzod (bunday zarralar ko'plikka asosiy hissa qo'shadi) glyuon taqsimotining to'yinganligini hisobga oladigan modellardir [3].

RHIC energiyalarida adron ko'p tug'ilishi bilan bir qatorda eng engil yadrolar va antiyadrolarning (deytronlar va ^3He) spektrlari o'lchandi. Deytron (antideuteron) sust bog'langan sistema ($E = 2,22 \text{ MeV}$) bo'lganligi sababli, ular reaksiyaning oxirgi bosqichida paydo bo'ladi.

Ularning hosil bo'lishining umume'tirof etilgan mexanizmi koalesensiyadir (koalesensiya modeli doirasida koordinatalari va momentlari o'xshash bo'lgan nuklonlar bog'langan tizim - nuklon klasterini hosil qilishi mumkin, deb taxmin qilinadi).

Pb + Pb markaziy o'zaro ta'sirida d va ^3He yadrolarini ishlab chiqarish beshta to'qnashuv energiyasida ($\sqrt{S_{NN}} = 1,3, 6,3, 7,6, 8,8$ va $12,3$ GeV) o'rganildi.

Pb + Pb markaziy o'zaro ta'sirida d va ^3He yadrolarini ishlab chiqarish beshta to'qnashuv energiyasida ($\sqrt{S_{NN}} = 1,3, 6,3, 7,6, 8,8$ va $12,3$ GeV) o'rganildi.

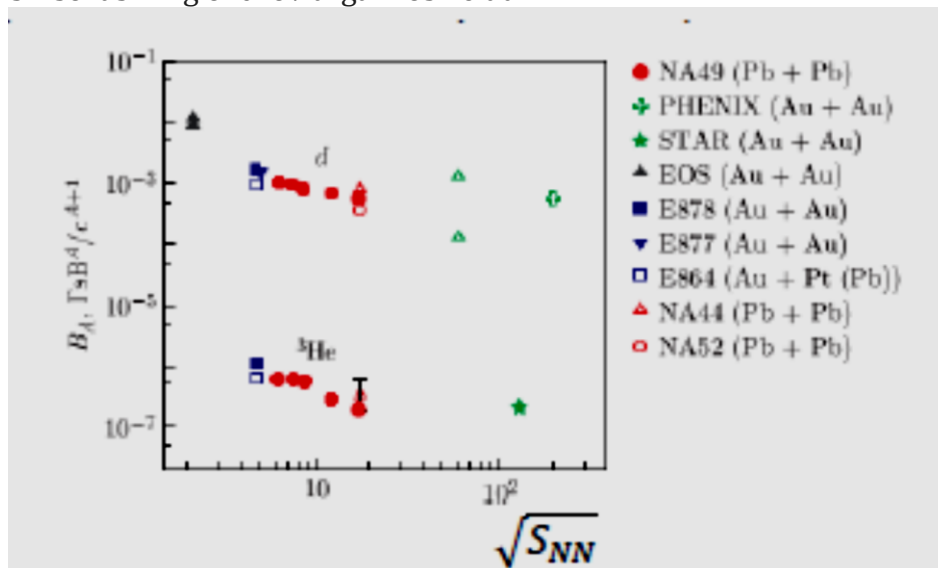
Ko'ndalang impuls spektrlari va tezlik taqsimoti o'lchandi. Natijalar statistik modellarning bashoratlari bilan solishtirildi. Yengil yadrolarning fazoviy-fazalar taqsimoti koalesensiya yondashuvi kontekstida protonlarniki bilan solishtirildi va muhokama qilindi.

Zaryad Z va massa soniga ega yadrolarning invariant chiqish soni N_A hosildorligi protonlarning N_p va neytronlarning N_n hosildorlik ko'paytmasiga proporsionaldir:

$$E_A = \frac{d^2 N_A}{d^2 p_A} = B_A (E_P \frac{d^2 N_P}{d^2 p})^Z \cdot (E_n \frac{d^2 N_n}{d^2 p})^{A-Z}$$

d va ^3He uchun B_2 va B_3 koalesensiya parametrlari mavjud energiyalarda aniqlangan. Markaziy A+A to'qnashuvlarida d va ^3He uchun koalesensiya parametrlari hisoblangan.

Olingan koalesensiya koeffitsientlarining qiymatlari 1-rasmda ko'rsatilgan. Bu rasmdan ko'rinib turibdiki, energiya $\sqrt{S_{NN}} = 20$ GeV dan boshlab, koalesensiya koeffitsienti energiyaga bog'liqlik xarakteri sekinlashsdi va bir hil zarrachalarning korrelyatsiya usulidan foydalangan holda o'zaro ta'sir soxasining o'lchovlarga mos keladi.



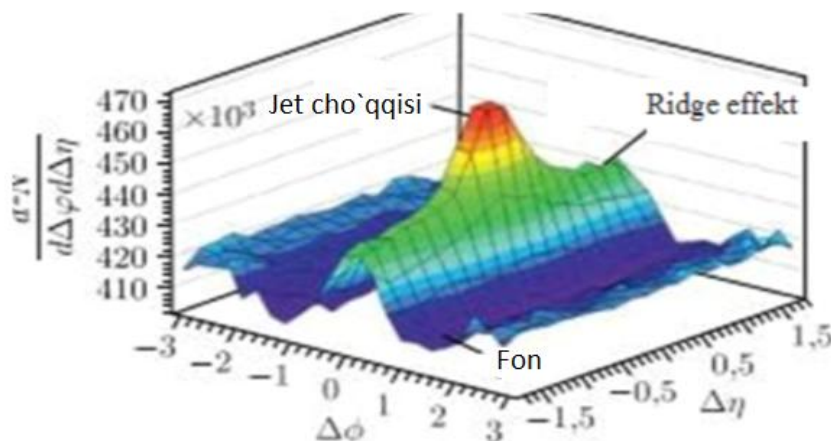
1-rasm. A+A markaziy to'qnashuvlarida d va ^3He uchun koalesensiya parametrlari.

2015 yil oxirida qo'rg'oshin yadrolarining birinchi to'qnashuvlari LHC (CERN) da $\sqrt{S_{NN}} = 5,02$ TeV nuklon juftiga to'g'ri keladigan massa markazidagi energiyada amalga oshirildi.

Bunday tajribalarning asosiy ilmiy maqsadi adronik moddalarning yuqori harorat va bosimdagi xossalarini o'rganish, shuningdek, zarrachalar ushbu zich va issiq muhitga o'tganda ularning xususiyatlari qanday o'zgarishini tekshirishdan iborat. P+P, P+Pb, Pb+Pb to'qnashuvlarini solishtirish natijasida ikkita asosiy savol o'rganildi: protonlardan yadrolarga o'tishda zarracha hosil bo'lish ehtimoli qanday o'zgaradi va undan tashqarida kvark-glyuon plazmasi tomchisi hosil bo'lishi haqiqatda sodir bo'ladigan chegara qayerda [4, 5].

Ushbu tadqiqot jamoaviy effektlar va qattiq KXD jarayonlari haqida yangi ma'lumotlarni taqdim etadi. Dastlab, Pb + Pb o'zaro ta'sirida CMS inshootida "tizma effekti" deb nomlangan qiziqarli "tizma" effekti kuzatildi (2-rasm).

Xuddi shu ta'sir keyin massa markazining energiyasi 7 TeV bo'lgan yuqori ko'plab P + P hodisalarida kuzatildi. Xuddi shunday ta'sir effekti RHIC tajribalarida 200 GeV da ham kuzatilgan. Pb+Pb to'qnashuvlarida tizma effekti o'zini ko'proq intensivlik bilan namoyon qiladi. Bundan tashqari, to'qnashuv markazlashuviga kuchli bog'liqlik kuzatiladi, bu markazlashuvning ortishi bilan ortib boradi.



2-rasm. Ridge effektining grafik tasviri. Jet cho'qqisi qizil rangda, tizma effekti tufayli yuzaga kelgan hodisalar yashil rangda va fon hodisalari ko'k rangda ko'rsatilgan. $|D\bar{e}| = \bar{e}_1 - \bar{e}_2$ va $|Du| = s_1 - s_2$ - juftlikdagi adronlarning azimutal burchaklari orasidagi farqlar. Effekt PYTHIA kabi standart modellardan foydalangan holda simulyatsiyalarda kuzatilmaydi.

Foydalanilgan adabiyotlar:

1. Baldin A.M.// Proc. of Conf. on Extreme States in Nucl. Syst. Dresden, 1980.
2. Aduszkiewicz A. et al. Measurements of $\pi^\pm$, $K^\pm$, p and Anti-p Spectra in Proton-Proton Interactions at 20, 31, 40, 80 and 158 GeV/c with the NA61/SHINE Spectrometer at the CERN SPS // Eur. Phys.J. C. 2017. V. 77. P. 671.
3. Литвиненко А.Г. Некоторые результаты, полученные на коллайдере релятивистских ионов (RHIC)//ЭЧАЯ. 2007. Т. 38, вып. 2. С. 409–459.
4. А.У. Абдурахимов Основные законы физики высоких энергий и их перспективы. // Монография. ООО «Omadbek print namber one». Андижан: 2025.- 114 стр.
5. А. Абдурахимов, Х. Нишанов, Ш. Эсонбоева - Основные характеристики средней множественности заряженных частиц в физике высоких энергий. Научный вестник АГПИ. №2, апрель 2026 г. с 169 – 172.

Z.E.Azimova

OLIIY TA'LIMDA MA'NAVIY-MA'RIFIY TIZIMNING INTEGRAL MODELI: NAZARIYA VA QIYOSIY TAHLIL.....	69	73
---	----	----

Raxmatullayeva Gulnoza Mavlanjonovna

MILLIY G'OYA VA HUQUQIY FANLAR INTEGRATSIYASI VOSITASIDA TALABALARNING QADRIYATLI ORIENTATSIYASINI RIVOJLANTIRISH	74	77
---	----	----

Hakimov Nazar Hakimovich

OLIIY TA'LIMDA TALABALAR MUSTAQIL TA'LIMINI TAKOMILLASHTIRILISH ZARURIYATI.....	78	82
---	----	----

Sirojiddinova Gulnora Habibullo qizi

KREATIVLIK FAOLIYATINING ILMIY TADQIQOT NATIJALARI.....	83	86
---	----	----

Jo'rayev Shuhratbek Maxamadaliyevich

BO'LAJAK O'QITUVCHILARNING MANTIQUIY TAFAKKURINI RIVOJLANTIRISH METODIKASINI TAKOMILLASHTIRISH: NAZARIY VA AMALIY ASOSLAR.....	87	91
--	----	----

Sirojiddinova Gulnora Habibullo qizi

TALABALARDA KREATIV FIKRLASHNI RIVOJLANTIRISHNING INNOVATSION PEDAGOGIK TEXNOLOGIYALARI.....	92	96
--	----	----

D.G.Umnov

SCIENTIFIC AND THEORETICAL FOUNDATIONS OF STUDYING THE IMPACT OF TARGETING ON THE CONSUMPTION CULTURE OF PRESCHOOL CHILDREN BY FUTURE EDUCATORS	97	109
---	----	-----

Нематова Наргизахон Мухтор кизи

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ АНИМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ПРЕПОДАВАНИИ РУССКОГО ЯЗЫКА СТУДЕНТАМ НЕФИЛОЛОГИЧЕСКИХ ВУЗОВ УЗБЕКИСТАНА	110	115
--	-----	-----

Abdurakhimov Abdulatif Umurzakovich

YUQORI ENERGIYALAR FIZIKASIDA YADROVIY MODDANI YARATISH.....	116	119
--	-----	-----

Zarnigor Dripova, Umid Turdialiye

BENEFICIATION OF GLAUCONITE ORE FROM THE CHANGI DEPOSIT (UZBEKISTAN) VIA GRINDING AND MAGNETIC SEPARATION	120	132
---	-----	-----

Zaparov A.A.

THE DEVELOPMENT OF ANTI-CORROSION HETEROCOMPOSITE COATINGS FOR MACHINE PARTS BY USING LOCAL RAW MATERIALS	133	138
---	-----	-----

Умнова М.К

ТЕОРЕТИКО-МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ РЕСУРСОВ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В ПОДГОТОВКЕ БУДУЩИХ УЧИТЕЛЕЙ НАЧАЛЬНЫХ КЛАССОВ	139	149
--	-----	-----

Mamatqodirov Ziynatulloh Nodirbek o'g'li

BOSHLANG'ICH SINIF O'QUVCHILARINING HARAKAT FAOLLIGINI OSHIRISHDA GIMNASTIKA MASHG'ULOTLARINING SAMARADORLIGI.....	150	155
--	-----	-----

