

*В. П. Ладыгин
от имени коллаборации DSS*

Короткодействующие корреляции в легких ядрах на нуклотроне

Главной целью экспериментальной программы проекта DSS (Deuteron Spin Structure) является получение информации о двух- и трехнуклонных короткодействующих корреляциях (КДК), включая их спин-зависимые части, в индуцированных дейтронами реакциях на станции внутренней мишени (фото) нуклотрона ОИЯИ [1]. Эти исследования выполняются в сотрудничестве с физиками из Болгарии, Японии, ОИЯИ, России, Румынии и Словакии.

Короткодействующие корреляции нуклонов в ядрах в последние годы являются предметом интенсивных теоретических и экспериментальных исследований. Поскольку КДК имеют плотность, сравнимую с плотностью в центре нуклона, что в несколько раз выше, чем обычная плотность ядерной материи, они могут рассматриваться как капли холодной плотной ядерной материи. Эти исследования открывают новую

часть фазовой диаграммы и очень важны для понимания эволюции нейтронных звезд. Исследования КДК были проведены в последнее время в BNL, SLAC и JLab с использованием адронных и электромагнитных пробников. Подобный эксперимент по изучению КДК в углероде был недавно предложен для установки BM@N. Однако существует недостаток данных по спиновой структуре КДК. Наличие пучков поляризованных дейтронов и протонов на нуклотроне позволяет изучать спин-зависимую часть КДК в дейтроне и ядрах.

Сканирование по энергии дифференциального сечения, векторной и тензорных анализирующих способностей дейтрон-протонного упругого рассеяния в широком диапазоне значений энергии с использованием внутренней мишени и пучка поляризованных и неполяризованных дейтронов на нуклотроне является

*V. P. Ladygin
on behalf of the DSS collaboration*

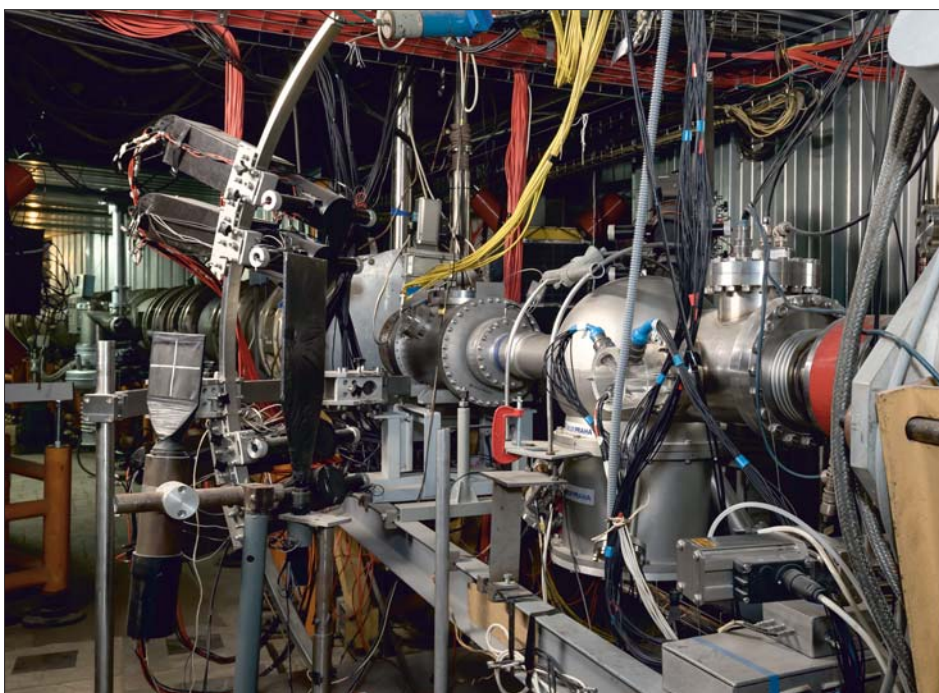
Short-Range Correlations in Light Nuclei at the Nuclotron

The major goal of the Deuteron Spin Structure (DSS) project is to obtain the experimental information about two- and three-nucleon short-range correlations (SRCs), including their spin-dependent parts using internal target station (photo) at the JINR Nuclotron [1]. These investigations are conducted by the collaboration of physicists from Bulgaria, Japan, JINR, Romania, Russia and Slovakia.

Short-range correlations of nucleons in nuclei have been the subject of intensive theoretical and experimental work in recent years. Since SRCs have densities comparable to the density in the centre of a nucleon which is several times higher than the normal nuclear matter density, they can be considered as the drops of the cold dense nuclear matter. These studies explore a new part of the phase

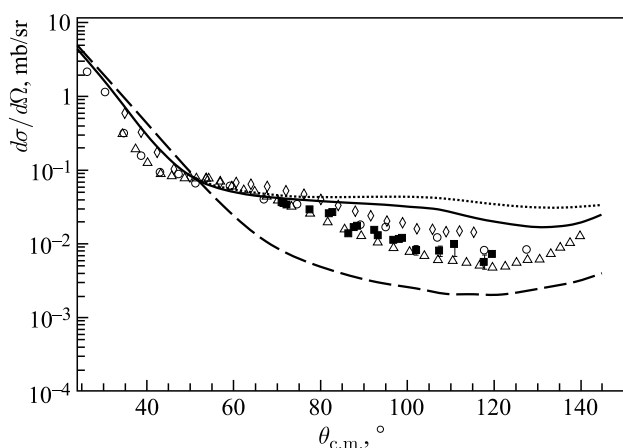
diagram and are very essential to understand the evolution of neutron stars. The studies of the SRCs were performed recently at BNL, SLAC and JLab using hadron and electromagnetic probes. A similar experiment on the study of the SRCs in carbon has been proposed recently for the BM@N setup. However, there is a lack of data on the spin structure of the SRCs. The availability of the polarized deuteron and proton beams at the Nuclotron gives the opportunity to study the spin-dependent parts of the SRCs in deuteron and nuclei.

The beam energy scan of the differential cross section, vector and tensor analyzing powers in deuteron-proton elastic scattering in the wide energy range using internal target and polarized and non-polarized deuteron beam



Лаборатория физики высоких энергий им. В. И. Векслера и А. М. Балдина.
Станция внутренней мишени экспериментальной программы проекта DSS на нуклотроне

Veksler and Baldin Laboratory of High Energy Physics.
The internal target station of the experimental programme of the DSS project at the Nuclotron



Угловая зависимость сечения дейтрон-протонного упругого рассеяния. Темные и светлые символы — соответственно данные, полученные на нуклотроне при 700 МэВ/нуклон [2], и мировые данные, полученные при 650 и 800 МэВ/нуклон. Линии — вычисления, выполненные в рамках релятивистской модели многократного рассеяния [3]

The angular behavior of the deuteron–proton elastic scattering cross section. The solid and open symbols are respectively the data obtained at the Nuclotron at 700 MeV/nucleon [2] and the world data obtained at 650 and 800 MeV/nucleon. The lines are the calculations performed in the framework of the relativistic multiple scattering model [3]

at the Nuclotron is one of the tools to study the isoscalar two-nucleon SRCs. The measurements of the cross section have been performed at the Nuclotron as a first stage of these studies. The figure demonstrates the angular behavior of the deuteron–proton elastic scattering cross section. The solid symbols are the data obtained at the Nuclotron at 700 MeV/nucleon [2]. They are compared with the world data obtained at 650 and 800 MeV/nucleon shown by open symbols. The dashed and dotted lines are the calculations performed within the relativistic multiple scattering model [3] in the impulse approximation and with the re-scattering effects considering, respectively. The solid line represents the results of the full calculations taking into account the excitation of the Δ -isobar. Full calculations describe the data up to 80° in the cms only. The deviation at larger angles can be related with the contribution

of more complicated reaction mechanisms like three-nucleon SRCs or excitation of heavy baryonic resonances.

New studies of the energy dependence of the vector A_y and tensor A_{yy} and A_{xx} analyzing powers in deuteron–proton elastic scattering at large angles in cms were performed in 2016–2017 using a polarized deuteron beam from the new source of polarized ions (SPI) developed by the JINR–INR collaboration. The data demonstrate the sensitivity to the SRCs spin structure. The preliminary results were reported at DSPIN-2017 conference held in September 2017 in Dubna.

The DSS collaboration developed a high-efficient vector-tensor deuteron beam polarimeter based on the asymmetry measurements of the deuteron–proton elastic scattering at 270 MeV. This polarimeter has been successfully used to tune the parameters of the new SPI for six

одним из способов изучения изоскалярных двухну-
клонных КДК. В качестве первого этапа этих исследо-
ваний на нуклотроне были выполнены измерения сече-
ния. На рисунке показана угловая зависимость сече-
ния дейтрон-протонного упругого рассеяния. Темные
символы — данные, полученные на нуклотроне при
700 МэВ/нуклон [2]. Они сравниваются с мировыми
данными, полученными при 650 и 800 МэВ/нуклон,
обозначенными светлыми символами. Штриховая и
пунктирная кривые — вычисления, выполненные в
рамках релятивистской модели многократного рас-
сеяния [3] в импульсном приближении и с учетом
эффектов перерассеяния соответственно. Сплошная
кривая представляет результаты полных вычислений
с учетом возбуждения Δ -изобары. Полные вычисле-
ния описывают данные только до 80° в с. ц. м. Отличие
при больших углах может быть обусловлено вкладом
более сложных механизмов реакции типа трехнуклон-
ных КДК или возбуждением тяжелых барионных резо-
нансов.

Новые исследования энергетической зависимости
векторной A_y и тензорных A_{yy} и A_{xx} анализирующих
способностей дейтрон-протонного упругого рас-
сеяния при больших углах в с. ц. м. были выполнены в
2016–2017 гг. с использованием пучка поляризованных

дейтронов из нового источника поляризованных ио-
нов (SPI), созданного сотрудничеством ОИЯИ–ИЯИ.
Данные демонстрируют чувствительность к спиновой
структуре КДК. Предварительные результаты пред-
ставлялись на конференции DSPIN-2017, проходив-
шей в сентябре 2017 г. в Дубне.

Сотрудничество DSS развило высокоэффектив-
ный векторно-тензорный поляриметр пучка дей-
тронов, основанный на измерении асимметрии дей-
трон-протонного упругого рассеяния при 270 МэВ.
Данный поляриметр был успешно использован для
настройки параметров нового SPI для шести различ-
ных спиновых мод пучка дейтронов и проверки ста-
бильности поляризации пучка во время 53-го и 54-го
сеансов работы нуклотрона [4]. То же самое обору-
дование было использовано для получения величины
поляризации ускоренного впервые в ОИЯИ пучка по-
ляризованных протонов [5]. Значение вертикальной
компоненты поляризации пучка протонов достаточно
велико для предложения измерений новых наблюдае-
мых, чувствительных к спиновой структуре КДК.

Дальнейшие планы сотрудничества DSS связаны с
наличием пучков поляризованных протонов и дейтро-
нов для исследований изменений спиновых свойств
КДК в ядерной среде. В качестве первой стадии этих
исследований предложены измерения на пучках арго-
на и криптона в ближайшем сеансе нуклотрона.

Список литературы / References

1. Janek M. *et al.* Investigation of the dp Breakup and dp Elastic Reactions at Intermediate Energies at Nuclotron // *Few Body Syst.* 2017. V. 58. P. 40.
2. Terekhin A. A. *et al.* Differential Cross Section for Elastic Deuteron–Proton Scattering at the Energy of 700 MeV per Nucleon // *Phys. Atom. Nucl.* 2017. V. 80. P. 1061.
3. Ladygina N. B. Delta Excitation in Deuteron–Proton Elastic Scattering // *Eur. Phys. J. A.* 2016. V. 52. P. 199.
4. Skhomenko Ya. T. *et al.* Measurement of the Deuteron Beam Polarization at Internal Target at Nuclotron for DSS Experiment. e-Print: arXiv:1711.03374 [physics.ins-det].
5. Ladygin V. P. *et al.* First Results on the Measurements of the Proton Beam Polarization at Internal Target at Nuclotron. e-Print: arXiv:1711.02850 [physics.ins-det].

different spin modes of the deuteron beam and to check the stability of the beam polarization during the 53rd and 54th Nuclotron runs [4]. The same equipment has been used to obtain the polarization value of the polarized proton beam first accelerated at JINR [5]. The value of the vertical component of the proton beam polarization is large enough to propose the measurements of the new observables sensitive to the spin structure of the SRCs.

The future plans of the DSS project are related with the availability of the polarized proton and deuteron beams for the studies of the modification of the spin properties of SRCs in nuclear medium. As the first stage of these investigations, the measurements with argon and krypton beams have been proposed in the next Nuclotron run.