

Отзыв на проект «Эксперимент БЕККЕРЕЛЬ на ускорительном комплексе НУКЛОТРОН/НИСА»

Отмечая разнообразие и ценность предложенных задач, хочу сосредоточиться на значении предлагаемого проекта для проверки теоретической концепции конденсата Бозе-Эйнштейна как конденсата альфа-частиц – предсказанного аналога ультрахолодных квантовых газов. Статус развития концепции альфа-конденсата детально представлен в обзоре Tohsaki, H. Horiuchi, P. Schuck and G. Röpke “Status of α -particle condensate structure of the Hoyle state” Review of Modern Physics 89 (2017) 01100. В обзоре отмечено предложение о поиске конденсатных состояний в диссоциации релятивистских ядер. Также предложение отмечено в лекционном обзоре W. Von Oertzen “Alpha-cluster condensations in nuclei and experimental approaches for their studies” Clusters in Nuclei, Lecture Notes in Physics 818, 109 (2010). В этой концепции предсказаны степени свободы альфа-кратных ядер вблизи порогов развала, основанные на среднем поле бозонного типа, формируемом газом альфа-частиц. Сосуществуя с обычными фермионными возбуждениями, такие состояния оказываются возможными благодаря тому потому что альфа-частица имеет свойства почти идеального бозона. Они возникают при средней плотности схожей с ядром ${}^8\text{Be}$, которая в 4 раза меньше обычной ядерной. Являясь бозонами, альфа-частицы могут конденсироваться на 0S орбите их собственного кластерного поля. Состояние Хойла с его тремя альфа-частицами рассматривается как легчайший альфа-конденсат и как ядро ${}^8\text{Be}$ с одной дополнительной альфа-частицей на 0S орбите.

Стоит отметить, что ядро ${}^{12}\text{C}$ может переходить из основного состояния в несвязанное, но очень долгоживущее при 7.65 МэВ, названное в честь астрофизика Ф. Хойла, который предсказал существование этого резонанса более 60 лет назад для того чтобы объяснить распространенность изотопа ${}^{12}\text{C}$. Переход в состояние Хойла в реакциях слияния может служить «входными воротами» для синтеза более тяжелых ядер. Теоретическое описание экспериментальных данных, извлеченных из неупругого возбуждения электронами ядра ${}^{12}\text{C}$, указывает на то, что состояние Хойла имеет объем в 3-4 раза больший, чем основное состояние. Однако, указывая на экзотическую структуру состояния, эти измерения не отвечают на вопросы относительно его внутренней структуры. Возможно, это окажется возможным в предлагаемом эксперименте, где указание на возникновение состояния Хойла уже было найдено. Предположение о том, что распад конденсата может быть обнаружен в распаде альфа-частичного газа по каскадной цепочке ${}^{16}\text{O} (0^+_6) \rightarrow {}^{12}\text{C}(0^+_2) \rightarrow {}^8\text{Be} (0^+_2) \rightarrow 2\alpha$ является очень интересным.

Результаты и предложения по новому проекту БЕККЕРЕЛЬ были представлены его руководителем в приглашенном на рабочем совещании «Легкие кластеры в ядрах и ядерной материи: ядерная структура и распады, соударения тяжелых ионов и астрофизика» (2-6, сентября 2019, Тренто, Италия). Замечательно, что поиски непрерывно возрастающей сложности могут быть осуществлены в одном и том же экспериментальном подходе.

В целом, использование явления диссоциации релятивистских ядер в ядерной эмульсии для генерации состояний квантового конденсата дает альтернативу поискам в этом направлении методами физики низких энергий. Эти идеи могут применяться для объяснения явлений в ядерной астрофизике и физике космических лучей. По всем этим причинам проект заслуживает поддержки. Научная значимость проекта высока. Запрашиваемые ресурсы соответствуют задачам проекта.



С. Н. Ершов
начальник сектора ЛТФ ОИЯИ.
доктор физико-математических наук