

ПРЕДСТАВЛЕНИЕ-ОТЗЫВ

на цикл работ научного сотрудника **Незванова Александра Юрьевича**
«Исследование особенностей взаимодействия нейтронов низких энергий с
нанодисперсными средами»

Незванов А.Ю. является сотрудником Отделения ядерной физики Лаборатории нейтронной физики им. И.М. Франка Объединенного института ядерных исследований (ЛНФ ОИЯИ). Его работа связана с изучением распространения медленных нейтронов в нанодисперсных средах. На данный момент многие нейтронные исследовательские центры во всем мире нацелены на увеличение диапазона полезных нейтронов в сторону понижения их энергии. Такие нейтроны *очень перспективны* для фундаментальных исследований и изучения конденсированных сред. Однако прогресс в этой области ограничен сравнительно малой долей нейтронов низких энергий в общем потоке и низкой эффективностью их доставки к исследовательским установкам. Как только длина волны нейтронов достигает межатомного расстояния, они начинают менее эффективно взаимодействовать с гомогенными средами, проходят сквозь отражатели и не доставляются к установкам. Применение нанодисперсных сред, состоящих из частиц размером несколько нанометров, решает данную проблему. Холодные (ХН) и очень холодные нейтроны (ОХН) отражаются от таких материалов за счет интенсивного когерентного упругого рассеяния на ансамбле ядер – отдельных наночастицах. В ЛНФ ОИЯИ Незванов А.Ю. исследует и разрабатывает *уникальные* наноструктурированные отражатели ХН и ОХН на основе наноалмазов, не имеющие эффективных аналогов в мире.

Новаторская идея применения наноалмазов для диффузного отражения ОХН под любыми углами падения и квазизеркального отражения ХН под малыми углами была проверена экспериментально и показала свою перспективность. Эффективность отражения ХН и ОХН от наноалмазных порошков обусловлено, в первую очередь, оптимальными размерами отдельных наночастиц (около 5 нм), а также высокой плотностью алмаза ($3,5 \text{ г/см}^3$), большим сечением когерентного рассеяния нейтронов ядрами углерода и малыми потерями нейтронов в порошке. Однако долгое время не существовало проработанной теории и адекватных моделей, позволяющих с достаточной точностью описать имеющиеся эксперименты по отражению ХН и ОХН от наноалмазных порошков.

Александр Юрьевич развил теорию распространения нейтронов низких энергий в нанодисперсных средах: было выведено кинетическое уравнение транспорта нейтронов и найдены аналитические решения для различных практических применений (в приближении малых углов рассеяния для ХН, в диффузионном приближении для ОХН). Изучено влияние различных граничных условий: так для ХН еще применимо условие Маршака – пролет границы среда-вакуум насквозь, тогда как для ОХН уже возникают условия преломления и отражения нейтронов от границ сред. Была исследована возможность использования наноалмазов не только в качестве нейтронного отражателя, но и замедлителя ХН до ОХН.

Незванов А.Ю. предложил *оригинальные* модели как самой структуры наноалмазных порошков, так и транспорта нейтронов в них. Эти модели реализованы им же в виде *уникальных* программных комплексов. Модель транспорта нейтронов в нанодисперсной среде включает в себя множество типов взаимодействий: когерентное рассеяние нейтронов на флуктуациях плотности среды, некогерентное рассеяние на отдельных ядрах примесей, неупругое рассеяние, отвечающее за потери ХН и ОХН за счет их выбивания из начального энергетического спектра. Изучено и учтено влияние межчастичной интерференции и пр. Автор сравнил различные подходы для расчета сечений когерентного упругого рассеяния ОХН на наночастицах, продемонстрировав границы применимости первого приближения Борна и его ошибку в сравнении с точным квантово-механическим методом. Незванов А.Ю. предложил *новый* подход по формированию структурных моделей нанодисперсных сред на

основе экспериментальных данных малоуглового рассеяния нейтронов. Это позволило теоретически и экспериментально изучить влияние структурных факторов на отражающую способность наноалмазных порошков: было показано увеличение отражения нейтронов в результате разрушения кластеров наноалмазов и продемонстрирована зависимость эффективности отражения ОХН определенных скоростей от размера наноалмазов. Эти результаты являются критически важным этапом создания эффективных отражателей, изготовленных из нанодисперсных сред с заранее заданными оптимальными свойствами.

Молодой ученый непосредственно участвует в экспериментальных исследованиях, результаты которых в том числе применяются и для уточнения теории и моделей. Можно выделить результаты измерений квазизеркального отражения ХН для применения наноалмазов в системах доставки ХН от источника к установкам, а также направленного извлечения ОХН – для фокусировки и увеличения интенсивности источников ОХН.

С помощью разработанных решений задач транспорта Незванов А.Ю. оптимизировал геометрию и свойства наноалмазного отражателя, входящего в конструкцию прототипа интенсивного источника ОХН. Разработка, создание и тестирование нового прототипа осуществляется на базе реактора ИБР-2 в Дубне. Научные достижения Незванова А.Ю. могут быть применены при создании новых источников ОХН на базе российских реакторов с выведенными пучками, например, ИБР-2, ПИК, на проектируемом реакторе НЕПТУН в Дубне, Многоцелевом реакторе на быстрых нейтронах в Димитровграде.

Перечисленные результаты *уникальны* для области физики нейтронов низких энергий. Они позволяют описать эксперименты по отражению ХН и ОХН от наноалмазных порошков с непревзойденной точностью, расширить возможности анализа и интерпретации экспериментальных данных, дополнить их расчетами величин, недоступных напрямую из эксперимента, предсказать свойства наноструктурированных отражателей ХН и ОХН. Они могут использоваться в прикладных областях (техники нейтронного рассеяния, спин-эхо) и фундаментальных исследованиях в области ядерной физики (измерения времени жизни нейтрона, поиск осцилляций нейтрон-антинейтрон и нейтрон-зеркальный нейтрон).

Научный сотрудник Незванов А.Ю. внес значительный вклад в указанный цикл научных работ, многие из которых были выполнены в соавторстве со старшими коллегами. О полученных результатах докладывалось на российских и международных конференциях, их научная новизна подтверждена публикациями в целом ряде рецензируемых изданиях и свидетельствами о государственной регистрации расчетных программных комплексов.

Учитывая большое научное и практическое значение цикла работ научного сотрудника **Незванова Александра Юрьевича**, посвященного исследованию особенностей взаимодействия нейтронов низких энергий с нанодисперсными средами, рекомендую указанный цикл работ для выдвижения на конкурс на соискание премий Губернатора Московской области в сферах науки, технологии, техники и инноваций для молодых ученых и специалистов в 2023 году.

К.ф.-м.н., ведущий научный сотрудник ЛНФ ОИЯИ
(ученая степень, должность)


(подпись)

Стрелков А.В.
(ФИО)

« 27 » февраля 2023 г.