

Отзыв

официального оппонента на диссертацию С.А. Куликова «Холодные замедлители нейтронов на основе твердых дисперсных водородосодержащих материалов», представленную на соискание ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 01.04.01 – приборы и методы экспериментальной физики

Представленная на защиту работа посвящена исследованию холодных замедлителей нейтронов на основе твердых дисперсионных водородосодержащих материалов; изучению радиационных эффектов в этих материалах при низких температурах; обоснованному выбору материала, разработке и созданию источника холодных нейтронов и комбинированного замедлителя для ИЯУ ИБР-2. Диссертация состоит из введения, 4-х глав, заключения, списка литературы. Она основана на 22 работах, опубликованных в изданиях, рекомендованных ВАК.

Высокая актуальность работы определяется тем, что холодные нейтроны (длина волны 4-30 Å) всё более востребованы для широкого круга исследований во всем мире. Если синхротронное излучение чувствительно к зарядам в веществе, то есть к электронам в атомах, но нейтроны наиболее чувствительны к ядрам атомов. Наличие магнитного момента делает нейтроны особо чувствительными к магнитным структурам в веществе. Поскольку потенциал нейтрон-ядерного взаимодействия слабо зависит от атомного номера, а количество электронов в атоме ему пропорционально, нейтроны предпочтительны для исследования легких элементов. Особый интерес к холодным нейтронам, обусловлен исследованиями на дифрактометрах нано- и микро- структур, рефлектометрах, время-пролетных и спин-эхо приборах, а также исследованиями в области физики элементарных

частиц и взаимодействий. Созданный в рамках диссертации источник холодных нейтронов является сегодня единственным в России и в высокой степени конкурентно-способным по отношению к другим источникам холодных нейтронов в мире. Ежегодно на этой установке проводятся сотни экспериментов учеными из России и других стран.

Во введении содержится обзор нейтронных источников и приводятся их характерные параметры. Обзор полный, но к его недостаткам нужно отнести отсутствие прямого количественного сравнения постоянных и импульсных нейтронных источников, что ставит в невыгодное положение ИЯУ ИБР-2 и его источник холодных нейтронов. Сравнение подразумевает анализ конкретных реализаций нейтронных приборов, использующих холодные нейтроны и является трудоемкой задачей. Однако, это усилие оправдано и, так или иначе, должно быть сделано в будущем. Более того, наиболее эффективный способ оптимизации нейтронных источников – от чувствительности/ точности типичных приборов, установленных на нейтронном источнике. В значительной степени эта проблема минимизируется тем фактом, что комбинированный источник ИЯУ ИБР-2 позволяет изменять спектр нейтронов.

В 1-ой главе убедительно и полно проанализированы свойства водородосодержащих материалов для холодных замедлителей нейтронов как жидких, так и твердых, проанализирован опыт их использования, сформулированы проблемы, связанные с разными материалами.

Во 2-ой главе представлены уникальные методики исследований на специально созданных облучательных установках УРАМ-2, УРАМ-3 и УРАМ-3М на ИЯУ ИБР-2 и микротроне МТ-25 спонтанного и индуцированного выделения энергии в результате рекомбинации радикалов, накопленных при облучении. Эти процессы определяют выбор материалов и технический решений для твердотельных криогенных замедлителей. В результате всестороннего изучения выработаны критерии выбора материала для

источника холодных нейтронов на ИЯУ ИБР-2 и определены условия и параметры его использования. Результаты этих исследований использованы при проектировании холодного замедлителя для источника холодных нейтронов на основе твердого метана для TS-2 ISIS (RAL, UK), а развитая методика использована для анализа проектов твердо-дейтериевых источников УХН и ОХН на высокопоточных реакторах.

В 3-ей главе представлены результаты исследования замедления нейтронов водородосодержащими материалами; сравниваются экспериментальный и расчетный спектры твердых водородосодержащих материалов (в частности, показано, что метан – наилучший материал по выходу холодных нейтронов); указано, что в применении к ИЯУ ИБР-2, с её специфическими требованиями к радиационной безопасности, наиболее подходящий материал – мезитилен в смеси с м-ксилолом; оптимизированы параметры замедлителя для конкретных каналов ИЯУ ИБР-2; проанализирована геометрия «гребенчатого замедлителя», ещё несколько увеличивающая выход холодных нейтронов; рассчитано энерговыделение в элементах конструкции комбинированного замедлителя нейтронов. Хотя предпочтение мезитилена в смеси с м-ксилолом объяснено и подтверждено детальными экспериментальными исследованиями и расчётом, вывод внутренне противоречив и предполагает более точные формулировки. В качестве иллюстрации можно указать фразу из последнего абзаца заключения: «Дальнейшее развитие темы возможно в направлении разработки и создания замедлителя на основе твердого метана...»

В 4-ой главе, на основе предыдущих результатов, представлен комбинированный замедлитель нейтронов ИЯУ ИБР-2; разработанный и запущенный первый в мире шариковый холодный замедлитель, решающий проблему доставки твердотельного замедлителя в реактор; измерены характеристики холодного замедлителя и эволюция нейтронного спектра со

временем; доказано его достаточно продолжительное функционирование при мощности ИЯУ 2 МВт; измеренные нейтронные спектры на выведенных пучках соответствуют расчету и требованиям экспериментаторов; комбинированный замедлитель, позволяющий адаптировать нейтронный спектр под нужды экспериментальных установок на выведенных пучках, существенно повышает возможности экспериментов.

Указанные замечания не снижают качества и значимости диссертации. В целом она убедительна, подводит итог циклу работ и указывает пути развития. Полученные результаты представляются надёжными и достоверными, они проверены независимыми методиками. Диссертация прошла детальную апробацию и основана на результатах, опубликованных в реферируемых научных журналах и доложенных на многочисленных конференциях и семинарах. Тематика диссертации соответствует выбранной специальности 01.04.01 – приборы и методы экспериментальной физики. Содержание автореферата отвечает основным идеям и выводам диссертации. Работа открывает новое направление, заключающееся в создании холодных замедлителей нейтронов на основе твердых дисперсионных водородосодержащих материалов. С.А. Куликов проявил себя как физик высокой квалификации и, безусловно, заслуживает присуждения ему учёной степени доктора физико-математических наук.

Доктор физ.-мат. наук

В.В. Несвижевский

02.11.2017

