



УТВЕРЖДАЮ

Проректор по научной работе  
СПбГУ

С.В.Микушев

«26» ноября 2021 г.

## ОТЗЫВ

ведущей организации

на диссертацию Чечкина Антона Вадимовича «Разработка методов измерений и обработки данных в эксперименте по прецизионному определению времени жизни нейтрона с большой гравитационной ловушкой для ультрахолодных нейтронов», представленную к защите на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.2 (01.04.01) - приборы и методы экспериментальной физики

Диссертация А.В.Чечкина выполнена под руководством члена-корреспондента РАН А.П.Сереброва в лаборатории нейтронной физики НИЦ «Курчатовский институт» - ПИЯФ, являющейся признанным мировым лидером по экспериментальным исследованиям фундаментальных свойств нейтрона: его времени жизни, электрического дипольного момента и асимметрии бета-распада. В этой лаборатории получены наиболее точные значения характеристик нейтрона, вошедшие в справочники Particle Data Group. Уточнение значений этих характеристик, в частности времени жизни нейтрона, важно не только для Стандартной модели, но и для астрофизических моделей нуклеосинтеза, определяющих наблюдаемую барионную асимметрию Вселенной.

Актуальность темы диссертации А.В.Чечкина определяется не только принадлежностью к безусловно актуальной тематике работы лаборатории нейтронной физики ПИЯФ, но и постоянным «соревнованием» с результатами других лабораторий. В этом процессе наметилось статистически значимое расхождение результатов при использовании разных экспериментальных методик, требующее своего объяснения или проведения нового эксперимента с принципиально меньшими погрешностями. Поэтому диссертация А.В.Чечкина, в которой предложенные методы измерения и обработки результатов позволили обеспечить достоверность результата для времени жизни нейтрона на уровне 1 с, является актуальной, ожидаемой и чрезвычайно интересной работой.

Выносимые на защиту положения диссертации связаны с оптимизацией эксперимента в части выбора временных интервалов накопления, удержания и слива ультрахолодных нейтронов. Предложен метод контроля фоновых условий и показана неизменность коэффициента потерь нейтронов при соударениях со стенками сосуда на протяжении всего эксперимента. Наконец приведено экспериментальное значение для времени жизни нейтрона, полученное методом

хранения УХН в материальном сосуде  $\tau_n = (881.5 \pm 0.7_{stat} \pm 0.6_{sys})$  с. Эти положения однозначно свидетельствуют о правильности выбора научной специальности диссертации 1.3.2 (01.04.01) - приборы и методы экспериментальной физики в области физико-математических наук.

Эти же положения характеризуют практическую ценность и научную новизну результатов диссертации А.В.Чечкина. В частности, показано, что при проведении серии измерений оптимальные параметры работы установки могут отличаться от значений, соответствующих единичному измерению. Основанный на соотношении сигнал/шум метод оптимизации параметров работы экспериментальной установки позволяет учитывать влияние фона в измерениях. Предложенный в работе метод построения временной развёртки для экстраполяции времён хранения ко времени жизни нейтрона, убеждает в неизменности коэффициента потерь нейтронов при соударениях со стенками на протяжении всего эксперимента, что снимает вопрос о стабильности свойств материальных ловушек.

Результаты диссертации А.В.Чечкина опубликованы в рецензируемых изданиях, неоднократно докладывались на научных конференциях и известны специалистам. Лучшей оценкой их достоверности является сравнение с результатом последней публикации (13 октября 2021 г.) F.M.Gonzalez et al. //Phys. Rev. Lett., 127, 162501 (2021), в которой приведено новое значение времени жизни нейтрона  $\tau_n = (877.75 \pm 0.28_{stat} \pm 0.22/-0.16_{sys})$  с, полученное в Лос-Аламосском нейтронном центре. С одной стороны, этот результат значительно меньше времени жизни нейтрона, измеренного пучковым методом, что подтверждает преимущество метода хранения ультрахолодных нейтронов. С другой стороны, новый результат отличается от приведенного в диссертации. Естественно, А.В.Чечкин в своей диссертации не мог знать этого результата. Тем не менее, значительное расхождение обоих результатов требует своего обсуждения. В любом случае, оба результата свидетельствуют о «накале страстей» в этой области фундаментальных исследований свойств нейтрона.

Отмечая практическую ценность разработанных в диссертации методов обработки экспериментальных данных, можно рекомендовать их для использования в экспериментальных исследованиях редких процессов в Институте ядерных исследований РАН, в Объединенном институте ядерных исследований, Институте ядерной физики СО РАН.

Принципиальных замечаний к содержанию диссертации А.В.Чечкина не имеется. Можно заметить только, что следует выделять две принципиально разных методики измерения времени жизни нейтрона – накопительную и пучковую. Первая, в свою очередь, может реализоваться в материальных или магнитных ловушках. В диссертации они рассматриваются как три независимых методики. Систематика времен жизни нейтрона демонстрирует две области значений, соответствующие накопительной и пучковой методикам. В принципе, время жизни нейтрона, измеренное в этих методиках, является оценкой истинного значения с разных сторон.

Последняя глава диссертации посвящена описанию влияния времени жизни нейтрона на процессы в ранней Вселенной. В ней исследованы проблемы неоднозначности существующих результатов, как в области ядерной физики, так и в наблюдательной астрономии. Представляется более логичным поставить ее в начало диссертации, как описание постановки задачи для лабораторного измерения времени жизни нейтрона. Отнесение выводов этой главы в результаты диссертации вполне правомерно.

Наконец, в диссертации наряду с общепринятой аббревиатурой «УХН» для ультрахолодных нейтронов используется неудачная аббревиатура «ВЖН» для времени жизни нейтрона. При современном развитии редакторских программ использовать текстовые выражения не представляет труда, а читать работу намного легче.

Диссертация А.В.Чечкина рассматривалась на семинаре кафедры ядерно-физических методов исследования Физического факультета Санкт-Петербургского государственного университета 19 ноября 2021 г. Подготовленный на основе доклада А.В.Чечкина отзыв ведущей организации рассмотрен и утвержден на заседании кафедры 26 ноября 2021 г., протокол №7.

Зам. зав. кафедрой ядерно-физических  
методов исследования СПбГУ  
д.ф.-м.н., профессор

И.А.Митропольский

Визитная карточка Митропольского И.А.  
26 НОЯ 2021