

Отзыв официального оппонента

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 на соискание учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.2 «Приборы и методы экспериментальной физики»

Актуальность темы исследования

Актуальность темы диссертации очевидна. Так, в настоящее время Стандартная модель физики частиц, является основным рабочим инструментом, который наиболее точно описывает наблюдаемые явления. Однако в последнее время также активно идёт поиск т.н. новой физики, поскольку с повышением экспериментальной точности измерений круг явлений, не вписывающихся в Стандартную модель, продолжает расти. К таким имеющимся аномалиям можно отнести тёмную энергию, тёмную материю, несовпадение значений постоянной Хаббла, полученных при помощи различных методик, и другие. К этому же списку можно также добавить и имеющееся расхождение в результатах по измерению времени жизни нейтрона. Стандартная модель использует несколько свободных параметров для описания физических процессов. Одним из таких параметров является угол смешивания верхнего и нижнего кварков (V_{ud}). Значения этих параметров являются экспериментально определяемой величиной, поэтому знание времени жизни нейтрона τ_n с прецизионной точностью важно для физики элементарных частиц. Измерив в эксперименте время жизни τ_n нейтрона и объединив его с асимметрией бета-распада (λ), можно получить интересующий элемент V_{ud} в матрице Каббиво-Кобаяши-Маскавы, описывающей взаимодействия между кварками. Знание точного значения времени жизни нейтрона также имеет большое значение в построении

космологических моделей, т.к. определяет процессы нуклеосинтеза на ранних этапах формирования Вселенной. Одним из параметров, на который опирается расчет концентрации ${}^4\text{He}$ в ранней Вселенной, является скорость бета-распада нейтрона. Работа Чечкина А. В. посвящена улучшению методов поиска оптимальных параметров работы экспериментальной установки, непосредственно получению численного значения времени жизни нейтрона. В связи с фундаментальной значимостью этой величины для физики элементарных частиц и космологии, можно сделать заключение о востребованности и актуальности проведённой автором работы.

Краткая характеристика работы

Диссертационная работа состоит из введения, пяти глав, заключения и списка литературы. Общий объём диссертации составляет 83 страниц, включая 40 рисунков, 5 таблиц и список литературы, содержащий 5 источников.

Во **введении** изложены актуальность темы, цели и задачи, научная новизна и практическая значимость, сформулированы положения, выносимые на защиту, и представлен личный вклад автора в проделанную работу.

Первая глава посвящена историческому обзору, где приводятся различные способы измерения времени жизни нейтрона. Демонстрируются три различных подхода к измерениям: измерение активности нейтронного пучка и хранение в материальных или магнитных сосудах. Сравнение пионерских работ с последними достижениями в этой области показывает, насколько большой прогресс был достигнут в этой области.

Во **второй главе** даётся краткое описание свойств ультрахолодных нейтронов, описание механизма потерь нейтронов при их соударениях с стенками и показывается, что, зная геометрические параметры установки, можно учесть влияние этих потерь на конечный результат. Для чего предлагается проводить измерения для двух различных геометрий, ч

впоследствии позволяет проводить экстраполяцию ко времени жизни свободного нейтрона, который бы не испытывал ни одного соударения за время хранения. Здесь также представлено описание экспериментальной установки и этапы измерительного цикла.

В третьей главе диссертации подробно описаны этапы подбора параметров работы установки, которые бы позволили минимизировать как статистические, так и систематические погрешности, которые могли бы повлиять на получаемые данные.

В четвёртой главе представлены результаты обработки экспериментальных данных, полученных в ходе проведения эксперимента. Демонстрируется, во-первых, качество покрытия, от которого отражаются нейтроны, путём его нанесения на изначально поглощающую титановую поверхность. И во-вторых, показана способность покрытия выдерживать перепад температур до 200 градусов без потери его качества. Гистограммы для времён хранения в ловушке, из которых впоследствии вычисляется время жизни свободного нейтрона, также демонстрируют вполне ожидаемое в данном случае, нормальное распределение. Здесь же применяется предложенный автором метод построения временной развёртки для экстраполяции времён хранения, который доказывает стабильность покрытия ловушки и вставки, и правомерность полученного результата для времени жизни нейтрона.

Пятая глава посвящена такому фундаментальному вопросу, как влияние времени жизни нейтрона на химический состав в ранней Вселенной. В частности показывается, что из астрофизических наблюдений можно получить ограничение на возможный диапазон времени жизни нейтрона, и что, хотя на сегодняшний момент точность таких наблюдений невелика — в будущем эти измерения могут либо подтвердить значение, которое мы получаем в земных лабораториях, либо нет. И в этом случае это будет указывать либо на отклонения от стандартной модели, либо на неполноту наших моделей, описывающих эволюцию ранней Вселенной.

Научная новизна и практическая значимость исследования

Научная новизна и ценность полученных Чечкиным А.В. результатов заключается в том, что была разработана методика поиска оптимальных параметров для измерения времени жизни нейтрона, хранящихся в материальных ловушках. Причём этот результат может быть также перенесён и на будущие эксперименты, имеющие общие основные принципы. Полученный же результат для времени жизни нейтрона $\tau_n = 881.5 \pm 0.7_{stat} \pm 0.6_{sys}$ с. вошёл в последнюю редакцию списка международной коллаборации Particle Data Group, что подтверждает практическую значимость проведённого исследования.

Обоснованность и достоверность полученных результатов подтверждается как научными публикациями в рецензируемых изданиях (в том числе международных), так и согласием между расчётными и экспериментальными данными, продемонстрированным в данной работе.

Положения, выносимые на защиту, полностью отражены в главах 2-5.

Замечания по диссертационной работе

1. Отсутствует список статей автора в тексте диссертации (в автореферате он присутствует).
2. В разделе 3.1 для поиска оптимального временного интервала в формуле 3.8 можно получить решение используя функцию Ламберта: $x = W(2/e^2) + 2$.
3. Не для всех графиков выдержано оформление в едином стиле и часть из них оформлена на английском языке.
4. Использование для краткости слов-жаргонов таких как «слив» (по отношению к нейтронам), «мониторирование».

Заключение

Диссертационная работа Чечкина А. В. «Разработка методов измерений и обработки данных в эксперименте по прецизионному определению времени

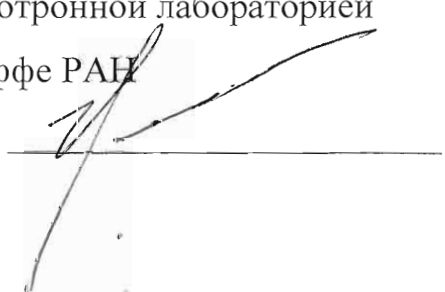
жизни нейтрона с большой гравитационной ловушкой для ультрахолодных нейтронов» является завершённым научным квалификационным исследованием. Замечания, перечисленные выше, не снижают её общей положительной оценки.

Представленные результаты и разработанные методы полностью соответствуют требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а её автор, Чечкин Антон Вадимович, заслуживает присуждения ему учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.2 «Приборы и методы экспериментальной физики».

Официальный оппонент:

Заведующий циклотронной лабораторией
ФТИ им. А.Ф. Иоффе РАН

д.ф.-м.н., проф.



Найденов Виктор Олегович

Тел.раб: +7(812) 2927171

E-mail: naidenov@cycla.ioffe.ru

Почтовый адрес: 194021, Санкт-Петербург, ул. Политехническая, 26



Подпись Найденкова В.О. достоверно
зав.отделом кадров ФТИ им.А.Ф.Иоффе

В.О.

В.О. Найденков