

УТВЕРЖДАЮ

Ректор  
Национального  
исследовательского ядерного  
университета «МИФИ»

д.ф.-м.н, профессор

М.Н.Стриханов

» \_\_\_\_\_ 2019 г.



## ОТЗЫВ

ведущей организации – Национального исследовательского ядерного университета «МИФИ» на диссертацию Ширченко Марка Владиславовича «Исследование свойств нейтрино: спиральность и магнитный момент», представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.16 – физика атомного ядра и элементарных частиц.

Диссертация Ширченко М.В. посвящена разработке и созданию экспериментальных установок, предназначенных для проведения измерений с целью получения новой информации, необходимой для решения современных проблем нейтринной физики.

**Актуальность** темы диссертации обусловлена тем, что нахождение экзотических свойств нейтрино имеет важнейшее значение как для нейтринной астрономии, так и для проверки предсказаний Стандартной Модели – современной теории строения и взаимодействий элементарных частиц. При этом решение вопроса о природе семейства нейтрино и величин их масс имеет определяющее значение для существующих космологических представлений. Новые физические результаты в этой области исследований получаются в результате совершенствования методик регистрации излучений и развития новой аппаратной базы. Таким образом, тема диссертации Ширченко М.В., несомненно,

соответствует современному направлению развития физики атомного ядра и элементарных частиц.

**Значимость** выполненной работы определяется как **новыми** методическими решениями при разработке и создании установок для измерения свойств нейтрино, так и важными результатами, полученными по определению спиральности и поиску магнитного момента нейтрино.

Ширченко С.В. разработал и реализовал **новый** метод определения спиральности нейтрино на основе измерения спиральности фотона, участвовавшего совместно с нейтрино в процессе бета-распада (К-захвата) ядра  $^{56}\text{Co}$  с последующим образованием ядра  $^{56}\text{Fe}$ . С помощью созданной установки, состоящей из комптоновского поляриметра, двух германиевых детекторов и жидкого источника  $^{56}\text{Co}$  с рекордной активностью 1 ГБк, автор определил значение спиральности нейтрино  $K = -1.01 \pm 0.20$ .

**Достоверность** полученного результата по спиральности обусловлена согласием с данными ранее выполненных экспериментов. Сравнительный анализ большого объема различных характеристик, полученных в ходе тестирования созданной установки на разных этапах ее использования, обеспечивает понимание предложенного метода измерения спиральности нейтрино и доказывает его **обоснованность**. **Научная значимость** полученных данных обусловлена тем, что эта спиральность тесно связана с другой фундаментальной характеристикой нейтрино – массой.

Значительным **достижением** представленной работы является разработка комплексного метода и спектрометра GEMMA с целью обнаружения магнитного момента нейтрино (ММН) в реакторном эксперименте. **Новизна** представленного метода обусловлена совокупностью подходов: применением германиевого детектора большого объема с рекордно низким порогом регистрации (3 кэВ); использованием комбинированной (активной и пассивной) защиты, позволяющей на шесть

порядков уменьшить фоновые условия; использованием электронным и программных средств для корректного набора и обработки полезных событий. Доказано, что использование созданного спектрометра GEMMA для исследования рассеяния реакторных антинейтрино на электронах германиевого детектора позволило получить верхний предел на величину магнитного момента нейтрино  $\mu_\nu < 3.2 \times 10^{-11} \mu_B$ . Полученное значение ММН актуально для установления энергетических границ применимости Стандартной Модели. Достоверность результата по ММН обусловлена высокой статистической обеспеченностью экспериментальных данных. Достигнутый рекордно низкий радиоактивный фон ( $\sim 2$  событий на кг/кэВ/день) имеет большое значение не только для GEMMA, но и для других проводимых или планируемых экспериментов на атомных станциях, что свидетельствует о **практической значимости** разработанного метода.

#### **Замечания.**

1. Можно отметить, что глава 1 перегружена теоретической информацией, имеющей косвенное отношение к выполненным исследованиям. В то же время практически отсутствует детальная информация об экспериментальных методах других авторов.

2. Непонятно, почему на рис. 2.5 (стр. 26) отношение положительных величин (сечений) принимает отрицательное значение. Это относится и к эффективности поляриметра.

3. На стр. 45 сказано, что в дальнейшем алгоритм определения эффективности поляриметра изменен, однако в работе не представлен окончательный результат. Также, остается неясным, с помощью какого алгоритма получены данные в табл. 2.2.

4. Следовало привести более детальное описание систематических погрешностей, влияющих на измеренное значение спиральности нейтрино.

5. При описании установки GEMMA, следовало указать энергетическое разрешение HPGe-детектора, и метод контроля этого параметра во время измерений.

6. Автору следовало более аккуратно подойти к редактированию диссертации и избежать заметного числа опечаток. Также следует отметить недостаточную информативность подписей к рисункам во всем тексте работы.

Указанные замечания не снижают научной и практической ценности диссертационной работы. В целом диссертация Ширченко М.В. является законченным исследованием, выполненным на высоком научном уровне и свидетельствующем о высокой квалификации автора.

Основные результаты диссертации доложены на конференциях и опубликованы в рецензируемых журналах, входящих в ведущие базы данных WoS и Scopus. Автореферат правильно отражает содержание диссертации.

Материалы диссертации могут быть рекомендованы к использованию в НИЯУ МИФИ, ОИЯИ, ИЯИ РАН, РИЦ «Курчатовский институт», ФИАН, НИИЯФ МГУ, а также в зарубежных научных центрах занимающихся нейтринными исследованиями.

Диссертация Ширченко Марка Владиславовича «Исследование свойств нейтрино: спиральность и магнитный момент», отвечает требованиям п.9 Положения о присуждении ученых степеней, предъявляемой к диссертационным работам на соискание ученой степени кандидата наук, а ее автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.16 – физика атомного ядра и элементарных частиц за получение новых методических и физических результатов по измерению спиральности и поиску магнитного момента нейтрино.

Диссертация Ширченко М.В. заслушана и обсуждена на заседании кафедры «Физика элементарных частиц», протокол 04/19 от 22 апреля 2019г., и семинаре Института ядерной физики и технологий (ИЯФиТ) НИЯУ МИФИ 24 апреля 2019г.

Отзыв составил кандидат физ.-мат. наук, ведущий научный сотрудник кафедры «Физика элементарных частиц» НИЯУ МИФИ Белоцкий Константин Михайлович, адрес 115409, Москва, Каширское шоссе, д.31, тел.: +7 (495) 788 56 99, доб. 9782, e-mail: k-belotsky@yandex.ru

Ведущий научный сотрудник,  
к.ф.-м.н.



К.М. Белоцкий

Зам. зав. кафедрой  
д.ф.-м.н., профессор



С.Г. Рубин

И.о. директора ИЯФиТ  
к.ф.-м.н.



Н.С. Барбашина

Председатель Совета  
по аттестации и подготовке  
научно-педагогических работников  
д.ф.-м.н., профессор



Н.А.Кудряшов

Сведения об организации: Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ» (НИЯУ МИФИ), 115409, Москва, Каширское шоссе, д. 31, тел.: +7 499 324-87-66, e-mail: [rector@mephi.ru](mailto:rector@mephi.ru)