

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертационную работу **Салеева Артема Владимировича «Новые аспекты спиновой динамики для прецизионных экспериментов по поиску электрического дипольного момента заряженных частиц на накопительных кольцах»**, представляемой на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.16 – «Физика атомного ядра и элементарных частиц».

Диссертационная работа А.В. Салеева посвящена развитию методов прецизионного описания динамики спина элементарной частицы при движении в накопительных кольцах. Интерес к данной работе связан с активно развиваемым в настоящее время новым методом поиска электрического дипольного момента (ЭДМ) заряженных частиц, в частности, протона и дейтрона.

Нужно отметить, что актуальность развития новых методов поиска ЭДМ не вызывает сомнения, т.к. напрямую связано с одной из самых захватывающих загадок современности, а именно барионной асимметрией Вселенной, которая заключается в том, что во Вселенной отсутствует антивещество в сопоставимых с веществом количествах.

А.Д. Сахаров в 1967 г. впервые заметил, что для объяснения барионной асимметрии необходимо предположить, что, во-первых, существует взаимодействие, не сохраняющее барионное число, и, во-вторых, существует взаимодействие, нарушающее CP-инвариантность. До недавнего времени единственный известный случай CP-нарушения (и также нарушения симметрии относительно обращения времени (T)) был обнаружен в 1964 г. в распадах нейтральных K-мезонов. Летом 2004 г. две большие международные коллаборации Belle и BaBar, работающие в Японии и США, обнаружили CP-нарушения в распадах нейтральных B-мезонов, содержащих тяжелые кварки. В Стандартной модели можно объяснить нарушение CP-симметрии в распадах K- и B-мезонов, однако при этом барионная асимметрия предсказывается на уровне 10^{-25} , тогда как наблюдения свидетельствуют об уровне $10^{-8} - 10^{-10}$. Таким образом, поиски новых механизмов нарушения CP-симметрии, объясняющие и наблюдаемую барионную асимметрию, являются одним из «краеугольных камней» современной физики.

Существование ЭДМ у элементарной частицы приводит к нарушению временной (относительно преобразования обращения времени T) и, в силу сохранения CPT симметрии, CP-симметрии (C - операция зарядового сопряжения, P - операция инверсии координат). Гипотеза о симметрии законов природы относительно преобразования комбинированной инверсии (CP) была высказана Ландау в 1957 году. В той же работе им было замечено,

что наличие у любой элементарной частицы электрического дипольного момента требует одновременного нарушения как пространственной (P), так и временной (T), а следовательно, и CP-четности.

История поисков ЭДМ у нейтрона и электрона насчитывает уже более чем 60-летнюю историю. За это время был достигнут значительный прогресс в этих экспериментах и, чувствительность к ЭДМ является одной из самых высоких точностей достигнутых для физической величины к настоящему времени. Экспериментаторы любят приводить пример, что точность ЭДМ нейтрона, например, такова, что если бы нейтрон имел размер Земного шара, то размер относительного смещения положительных зарядов, содержащихся в нейтроне в виде кварков, от отрицательных меньше, чем несколько микрон. Это говорит о том, что любой новый эксперимент по поиску ЭДМ является очень амбициозной задачей, требующей очень внимательного анализа и проработки, если он претендует увеличить эту, и без того уже крайне высокую, точность. Особую важность, при поиске столь малых величин, имеет задача по анализу систематических (ложных) эффектов, которые могут симулировать экспериментальный сигнал от ЭДМ, в данном случае протона или дейтрона.

Рассматриваемая работа и представляет собой начало пути по детальному анализу возможных систематических эффектов в эксперименте по поиску ЭДМ протона или дейтрона при хранении их в накопительном кольце.

Основные результаты, выносимые на защиту, а именно:

1. Разработка теории затухания вертикальных осцилляций спина в резонансном радиочастотном режиме,
2. Теоретическая разработка нового метода прямого измерения интегральных паразитных радиального и продольного магнитного полей в накопительных кольцах с помощью модуляции спинтьюна частиц,
3. Результаты численного моделирования режимов работы статического соленоида, при которых происходит возбуждение коллективного бетатронного движения пучка,
4. Теоретическая разработка метода контроля относительной фазы радиочастотного поля ротатора спина и фазы прецессии спина в накопительном кольце,

соответствуют реально проделанной работе.

Вопрос – удалось ли автору внести заметный вклад в развитие методов описания эволюции спина частицы при хранении в накопительном кольце и углубить понимание этих процессов?

Ответ – ДА.

Вопрос – Удалось ли автору ответить на вопрос о возможной систематической точности эксперимента по поиску ЭДМ в накопительном кольце?

Ответ – НЕТ. Но собственно это и не входило в задачу.

Результаты, полученные в работе, в полном объеме демонстрируют всю сложность и многоплановость задач и проблем, стоящих перед экспериментаторами на пути к конечной цели.

Естественно, работа не лишена некоторых недостатков:

1. Весьма странное введение в диссертационную работу, представляющее, в основном, повтор автореферата. При том, что обзор различных методов поиска ЭДМ, их проблем и полученных результатов, был бы здесь очень уместен. Мне этого не хватило.
2. Достаточно много опечаток, описок и не вполне корректных жаргонных формулировок. Например, «вектор спина» – это что? «вращения спина нейтральных пучков» – у пучка нет спина, это характеристика частицы.
3. Многие фразы и выражения - прямая калька или дословный перевод с английского (дейтроны рассеивались эластично, стр 31, движение спина, стр 42 – нехорошо, пертубативное разложение, стр 56).
4. Смысл некоторых фраз туманен, например, - «Планки погрешностей меньше в размере, чем маркеры точек измерений.» Сложность и витиеватость формулировок затрудняет понимание содержания. – «Весьма точной наблюдаемой величиной в нашем распоряжении является спинтьюн [31], который подвержен влиянию магнитных полей неидеальностей» -Это к чему? Наверное имеется ввиду, что спинтьюн весьма чувствителен к неидеальностям магнитных полей и по его измерениям можно судить о величине этих неидеальностей. Или еще - «Эта карта проявляет аналогичные качества, имея седловую точку и амплитуду порядка одного процента от наблюдаемых скачков спинтьюна».
5. Странная нумерация рисунков 1, 2, 3, 4, 1.1, 1.2,3.1. Поэтому, фраза см. Рис 3, 3.1 вызывает разрыв мозга, т.к. Рис.3 находится во Введении, а Рис 3.1 во второй половине текста.
6. Вообще, повествование напоминает гипертекст с огромным числом отсылок вперед по тексту. Чтение такого текста крайне затруднено.
7. Мне не хватает рисунков, поясняющих поведение спина и др.
8. Словарь терминов особенно хорош – спинтьюн и ВЧ резонатор и все, тогда зачем такой словарь?
9. Не нашел, чем принципиально эффект от ЭДМ отличается от систематических эффектов и какова возможная процедура измерений для выделения эффекта от ЭДМ на их фоне. Другими словами, иногда не понятно, сохраниться ли хоть какой-то эффект от ЭДМ при использовании, например, процедуры стабилизация фазы прецессии спина относительно фазы радиочастотного поля (Глава 1).
10. Местами работа по анализу систематики ЭДМ эксперимента выглядит довольно хаотичной и фрагментарной. Видно, что пока нет общего системного подхода к анализу систематики и работа находится в начале пути.

Тем не менее, высказанные замечания, в основном, относятся к манере подачи материала, не влияют на общую положительную оценку выполненной работы и не ставят под сомнение основные выводы диссертации.

Автореферат адекватно отражает общее содержание диссертации. Основные результаты опубликованы в открытой печати в международных реферируемых журналах и неоднократно обсуждались на международных конференциях. Работа удовлетворяет требованиям ВАК, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор А.В. Салеев заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.16 – «Физика атомного ядра и элементарных частиц».

10 января 2018 г.

Официальный оппонент

доктор физико-математических наук,
заместитель директора по научной работе
Федеральное государственное бюджетное учреждение
«Петербургский институт ядерной физики им. Б.П. Константинова
Национального исследовательского центра «Курчатовский институт»
Воронин Владимир Владимирович

Россия, 188300, Ленинградская обл., г. Гатчина, мкр. Орлова роща, д. 1,
тел. +7(81371)4-60-97, e-mail: Voronin_VV@pnpi.nrcki.ru.

Подпись В.В. Воронина удостоверяю
Ученый секретарь
НИЦ «Курчатовский институт»- ПИЯФ,
Кандидат физико-математических наук



/Воробьев С.И./