

Отзыв официального оппонента,
доктора физико-математических наук
Андрея Сергея Николаевича
на диссертацию

Аксентьева Александра Евгеньевича
«Метод замороженного спина для поиска электрического
дипольного момента дейтрана в накопительном кольце»,
представленную на соискание учёной степени кандидата
физико-математических наук по специальности 01.04.20 —
«физика пучков заряженных частиц и ускорительная
техника».

Диссертационная работа Аксентьева Александра Евгеньевича посвящена одному из интереснейших направлений современной физики, а именно исследованию особенностей измерения электрического дипольного момента (ЭДМ) элементарной частицы в накопительном синхротроне методом «замороженного спина». Под состоянием «замороженного спина» в данном случае понимается ситуация, при которой угол между проекциями спин-вектора частицы и её вектора импульса на плоскость замкнутой орбиты не меняется от оборота к обороту, так называемый нулевой спиновый резонанс.

Представленная к защите работа, несомненно, является актуальной, так как Электрический Дипольный Момент элементарной частицы (если он существует) служит индикатором нарушения СР-симметрии и, следовательно, экспериментальным подтверждением теорий, выходящих за рамки стандартной модели физики элементарных частиц (таких как теории суперсимметрии).

Цель представленной к защите работы (как она сформулирована автором) состоит в развитии метода поиска ЭДМ в накопительном кольце, основанного на измерении единственной физической величины — *частоты прецессии спина*. Необходимо также отметить, что никакая другая физическая величина не фигурирует в конечной статистической оценке ЭДМ, что

положительно отражается на точности метода (отметим, что автор работы утверждает о возможности достижения точности на уровне $10^{-29} e\cdot\text{см}$).

Следует также отметить, что в своей работе Александр Евгеньевич рассмотрел три основных систематических эффекта спиновой динамики пучка, которые оказывают влияние на измерения ЭДМ частицы в накопительном синхротроне:

- 1) эффект возмущений пространственной ориентации оси спиновой прецессии частицы в процессе эволюции в ускорителе, которые связаны в том числе с бетатронными колебаниями частицы;
- 2) спиновая декогеренция пучка, связанная с дисперсией равновесных энергий частиц в пучке;
- 3) ложный сигнал, порождаемый магнитным дипольным моментом (МДМ), и возникающий из-за ошибок установки «оптических» (управляющих) элементов кольца.

По результатам проведенных исследований Александр Евгеньевич сформулировал следующие выводы:

- эффект возмущения пренебрежимо мал, и к тому же поддается контролю, по крайней мере, если использовать предложенную автором методику измерений;
- относительно второго эффекта сделан вывод (подтвержденный экспериментально на синхротроне COSY) о возможности сохранения поляризованности пучка в пределах 1000 секунд, что и позволяет достигнуть необходимой степени точности для оценки ЭДМ $10^{-29} e\cdot\text{см}$ за один год измерений;
- вместо подавления ложного сигнала (3), в предлагаемом автором методе измерений, ложный МДМ сигнал используется в качестве стабилизационного фактора.

Полученные (в рамках проведенных исследований) выводы основаны на проведении численного моделирования динамики пучка ионов в кольце-накопителе с использованием программы COSY Infinity (автор Мартин Берц). Полученные данные согласуются с теоретическими оценками, результатами численных экспериментов, проведённых другими авторами, а также результатами, полученными в ходе экспериментов, проводимых на ускорителе COSY Юлихского исследовательского центра (Forschungszentrum Jülich, GmbH, Jülich, Germany), в одном из крупнейших европейских исследовательских центров, который входит в состав Объединения имени Гельмгольца.

Необходимо также отметить, что практический интерес к результатам проводимых исследований обусловлен возможностью использовать их в самых различных исследованиях, прежде всего при разработке программ исследований с поляризованными пучками, в том числе в рамках проекта по изучению ЭДМ.

По теме проведенных исследований Александр Евгеньевич опубликовал 12 печатных изданий, из которых пять изданы в журналах, индексируемых в международных базах цитирования Scopus и Web of Science, и 7 — в трудах докладов международных конференций. Результаты работы А.Е.Аксентьева были представлены на международных конференциях IPAC 17 и IPAC 19, «Лазерные, плазменные исследования и технологии» (в трех конференциях).

Работа Александра Евгеньевича, проведенная в Юлихском научном центре, осуществлялась в рамках международного Проекта ЭДМ (он принимал активное участие в данном Проекте). Отношение к работе и полученные результаты указывают на высокий уровень владения необходимыми знаниями и соответствуют требованиям, предъявляемым требованиям по

К недостаткам работы можно отнести следующее:

- в разделе 2.2.4 утверждается невозможность одновременной оптимизации всех трёх семейств сектуполей; однако не ясно, есть ли у этого утверждения достаточные обоснования, или это лишь следствие использованного метода моделирования;
- в разделе 2.2.6 отмечается, что использование сектупольных полей унифицирует как частоты прецессии спина в пучке, так и направления осей стабильного спина частиц (опять же, не указаны возможные причины этого явления);
- не рассматриваются эффекты спиновой динамики пучка, которые влияют на результат измерения ЭДМ, хотя данное направление, несомненно, актуально.

В целом, представленная к защите диссертация Аксентьева Александра Евгеньевича в полной мере соответствует необходимым требованиям, предъявляемым ВАК к кандидатским диссертациям по данному направлению, а сам Александр Евгеньевич Аксентьев заслуживает присвоения ему ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.20 «Физика пучков заряженных частиц и ускорительная техника».

доктор физ.-мат. наук, профессор
Санкт-Петербургский государственный
университет, заведующий кафедрой
компьютерного моделирования и
многопроцессорных систем



Андрianов С.Н.

10.12.2020

Документ подготовлен
в порядке исполнения
трудовых обязанностей

ЛИЧНАЯ ПОДПИСЬ ЗАВЕРЯЮ
Ч.О. НАЧАЛЬНИК ОТДЕЛА КАДРОВ №3
Андрianов С.Н.



10.12.2020