

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д 520.009.01 НА БАЗЕ
НАЦИОНАЛЬНОГО ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОГО ЦЕНТРА «КУРЧАТОВСКИЙ
ИНСТИТУТ» (ПРИНАДЛЕЖНОСТЬ – ПРАВИТЕЛЬСТВО РФ) ПО
ДИССЕРТАЦИИ ПЛЕШАНОВА НИКОЛАЯ КОНСТАНТИНОВИЧА
«НЕЙТРОННАЯ СПИНОВАЯ ОПТИКА» НА СОИСКАНИЕ УЧЁНОЙ СТЕПЕНИ
ДОКТОРА ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИХ НАУК

аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета от 18.03.2021 г., № 4

О присуждении ПЛЕШАНОВУ Николаю Константиновичу, гражданину РФ, учёной степени доктора физико-математических наук.

Диссертация «Нейтронная спиновая оптика» по специальности 01.04.01 – «Приборы и методы экспериментальной физики» принята к защите 19.11.2020 г. протокол № 8 диссертационным советом Д 520.009.01 на базе Национального исследовательского центра «Курчатовский институт» (НИЦ «Курчатовский институт»), 123182 г. Москва, пл. Академика Курчатова, д. 1 (утвержден Приказом Минобрнауки России № 1925-1018 от 08.09.2009 г. и переутверждён приказом Минобрнауки России № 105/нк от 11.04.2012г.).

Соискатель Плешанов Николай Константинович, 1957 года рождения.

Соискатель в 1980 году окончил Ленинградский государственный университет (ЛГУ) по специальности «Физика», специализация «Электроника твердого тела». Диплом о высшем образовании Г-1-698829 выдан 7 февраля 1980 года. В 2008 году защитил диссертационную работу на тему «Исследование несовершенств структуры и разработка нейтронных поляризирующих суперзеркал CoFe(V)/TiZr». Диплом кандидата физико-математических наук серия ДКН № 068367, приказ №28к/26 от 11 июля 2008 года.

В период подготовки диссертации и по настоящее время соискатель Плешанов Н.К. работает в Отделе нейтронной оптики Инжинирингового центра «Нейтронные технологии» Федерального государственного бюджетного учреждения «Петербургский институт ядерной физики им. Б.П. Константинова» Национального исследовательского центра «Курчатовский институт» (НИЦ «Курчатовский институт» - ПИЯФ) в должности ведущего научного сотрудника.

Официальные оппоненты:

- Григорьева Наталья Анатольевна, доктор физико-математических наук, доцент, профессор кафедры ядерно-физических методов исследования, физический факультет, Санкт-Петербургский государственный университет, г. Петергоф;

- Кравцов Евгений Алексеевич, доктор физико-математических наук, главный научный сотрудник, лаборатория квантовой наноспинтроники, Институт физики металлов Уральского отделения РАН, г. Екатеринбург;

- Фраерман Андрей Александрович, доктор физико-математических наук, заведующий отделом магнитных наноструктур, Институт физики микроструктур – филиал Института прикладной физики РАН, г. Нижний Новгород.

дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация:

Международная межправительственная организация Объединенный институт ядерных исследований (ОИЯИ), Лаборатория нейтронной физики им. И.М. Франка, г. Дубна, Московская обл., в своём положительном заключении, подписанном ведущим научным сотрудником сектора нейтронной оптики Лаборатории нейтронной физики им. И.М. Франка ОИЯИ, доктором физико-математических наук Никитенко Ю.В., директором Лаборатории нейтронной физики им. И.М. Франка ОИЯИ кандидатом физико-математических наук Швецовым В.Н., и утвержденном директором ОИЯИ доктором физико-математических наук, академиком РАН Трубниковым Г.В. указала, что актуальность темы представленной диссертационной работы связана с настоятельной необходимостью развития неразрушающих нейтронных методов исследования структуры, магнетизма и динамики объектов различных масштабов, имеющих большое научное и прикладное значение, в том числе на мегаустановках, таких как реактор ПИК, а также на проектируемых в настоящее время компактных нейтронных источниках. Нейтронная спиновая оптика существенно расширит инструментарий для эффективного использования поляризованных нейтронов в существующих методах и будет способствовать развитию нейтронных методов исследования. Из наиболее важных научных результатов и достижений, полученных в диссертационной работе, в отзыве ведущей организации отмечают:

1. Доказательство теоремы о суперпозиции двух спинов с изменяющейся разностью фаз (простая математическая теорема, значимая для физики).

2. Систематическое применение вместо волновых векторов соответствующих функций оператора Паули (отсюда последовательное, в том числе количественное, описание поведения нейтронного спина, отражения нейтронов и поляризационных эффектов при их отражении).

3. Описание квантовой нутации и нутационной динамики спина в магнитном поле, способов приготовления пучков нейтронов с нутационной динамикой спина (несомненно, они найдут свое применение в экспериментальной практике).

4. Перспективные предложения по развитию метода рефлектометрии поляризованных нейтронов – схемы полной нейтронная рефлектометрии, обеспечивающие измерение не только модулей, но и разностей фаз элементов матрицы отражения (как следствие, будет доступна более детальная и надежная информация о магнетизме слоев).

5. Перспективный метод улучшения поляризующих нейтронных покрытий с помощью нанопрослоек Ti (продемонстрирован большой потенциал метода, но он не раскрыт еще в полной мере).

6. Создание теоретического и экспериментального фундамента для развития нейтронной спин-манипуляционной оптики, раскрытие ее преимуществ и потенциала для развития нейтронных методов исследования.

Также в отзыве ведущей организации отмечается не вызывающий сомнений высокий уровень и фундаментальность исследований, проведенных в диссертации Плешанова Н.К., а также то, что полученные результаты представляют большой научный и практический интерес и определяют пути дальнейшего развития предложенного Плешановым Н.К. нового направления поляризационной нейтронной оптики. Материалы диссертации представляют интерес для специалистов, занимающихся исследованиями новых магнитных материалов и развитием нейтронной поляризационной техники и новых методов исследований на источниках нейтронов.

В конце отзыва ведущей организации резюмируется: «Тема и общее направление работы соответствует паспорту специальности 01.04.01 – Приборы и методы экспериментальной физики; области исследований: 1. Изучение физических явлений и процессов, которые могут быть использованы для создания принципиально новых приборов и методов экспериментальной физики. 2. Разработка новых принципов и методов измерений физических величин,

основанных на современных достижениях в различных областях физики и позволяющих существенно увеличить точность, чувствительность и быстродействие измерений. 5. Разработка и создание экспериментальных установок для проведения экспериментальных исследований в различных областях физики. 8. Разработка методов математической обработки экспериментальных результатов. Моделирование физических явлений и процессов. Представленная работа удовлетворяет всем требованиям ВАК, предъявляемым к докторским диссертациям по специальности 01.04.01, а Плешанов Николай Константинович заслуживает присуждения ему степени доктора физико-математических наук».

По теме диссертации соискатель имеет 1 монографию и 25 публикаций в ведущих рецензируемых изданиях, индексируемых WoS, Scopus и в действующем Перечне ВАК:

1. N.K. Pleshanov, Observation of the phase shift of the neutron wave function under total reflection. – *Physica B* 198 (1994) 70-72.
2. N.K. Pleshanov, Neutrons at the boundary of magnetic media. – *Z.Phys. B* 94 (1994) 233-243.
3. N.K. Pleshanov, Spin particles at stratified media: operator approach. – *Z.Phys. B* 100 (1996) 423-427. Н.К. Плешанов, Препринт ЛИЯФ-1663 (1990) 10 стр.
4. N.K. Pleshanov, V.M. Pusenkov, Application of generalized matrix method to neutrons in magnetically non-collinear stratified media. – *Z.Phys. B* 100 (1996) 507-511. Н.К. Плешанов, В.М. Пусенков, Препринт ПИЯФ-1670 (1991) 24 стр.
5. N.K. Pleshanov, On optical interaction of neutrons with magnetic media. – *Physica B* 234-236 (1997) 516-518.
6. V.M. Pusenkov, N.K. Pleshanov, V.G. Syromyatnikov, V.A. Ul'yanov, A.F.Schebetov, New possibilities of polarized neutron reflectometry in the study of domain structure of thin magnetic films. – *Physica B* 234-236 (1997) 519-521.
7. V.M. Pusenkov, N.K. Pleshanov, V.G. Syromyatnikov, V.A. Ul'yanov, A.F. Schebetov, Study of domain structure of thin magnetic films by polarized neutron reflectometry. – *J.Magn.Magn.Mat.* 175 (1997) 237-248.
8. N.K. Pleshanov, Polarized neutron reflectometry with phase analysis. – *Physica B* 269 (1999) 79-94.
9. N.K. Pleshanov, Neutron elastic scattering in magnetic media: refracted wave scattering approach. – *Phys.Rev. B* 59 (1999) 7020-7028.

10. N.K. Pleshanov, Description of neutron beams in magnetic media. – *Physics Letters A* 259 (1999) 29-37.
11. N.K. Pleshanov, Quantum nutation of the neutron spin. – *Phys. Rev. B* 62 (2000) 2994-2997.
12. N.K. Pleshanov, Zero-field polarized neutron optics and new possibilities. – *Physica B* 297 (2001) 131-135.
13. N.K. Pleshanov, Quantum aspects of neutron spin behavior in homogeneous magnetic field. – *Physica B* 304 (2001) 193-213.
14. Н.К. Плешанов, Л.А. Аксельрод, В.Н. Забенкин, В.Г. Сыромятников, В.А. Ульянов, Нейтронная рефлектометрия с векторным анализом поляризации: первые шаги. – *Поверхность. Рентгеновские, синхротронные и нейтронные исследования*, т. 11 (2008) 3-13.
15. N.K. Pleshanov, Superpolarizing neutron coatings: theory and first experiments. *Nucl. Instrum. Methods A* 613 (2010) 15-22.
16. Н.К. Плешанов, А.П. Булкин, В.Г. Сыромятников, Экспериментальное подтверждение нового метода улучшения поляризующих нейтронных покрытий. – *Физика твердого тела* 52 (2010) 954-956.
17. N.K. Pleshanov, A.P. Bulkin, V.G. Syromyatnikov, A new method for improving polarizing neutron coatings. – *Nucl. Instrum. Methods A* 634 (2011) S63-S66.
18. Н.К. Плешанов, Перспективы развития поляризационной нейтронной оптики на основе нового метода улучшения поляризующих покрытий. – *Журнал технической физики*, том 84, вып. 2 (2014) 123-130.
19. N.K. Pleshanov, Neutron spin manipulation optics: basic principles and possible applications. – *J. Phys.: Conf. Ser.* 528 (2014) 012023.
20. Н.К. Плешанов, Нейтронные отражатели-вращатели спина. – *Поверхность. Рентгеновские, синхротронные и нейтронные исследования* 1 (2015) 28-39.
21. N.K. Pleshanov, V.G. Syromyatnikov, Testing the first neutron mirror flipper. – *Nucl. Instrum. Methods A* 837 (2016) 40-43.
22. A.G. Gilev, N.K. Pleshanov, B.A. Bazarov, A.P. Bulkin, A.F. Schebetov, V.G. Syromyatnikov, V.V. Tarnavich, V.A. Ulyanov, Magnetic systems for wide-aperture neutron polarizers and analyzers. – *Nucl. Instrum. Methods A* 833 (2016) 233-238.
23. N.K. Pleshanov, Neutron spin optics: Fundamentals and verification. – *Nucl.*

In-strum. Methods A 853 (2017) 61-69.

24. N.K. Pleshanov, Neutron multilayer-backed flipper: experiment, prospects. – J. Phys.: Conf. Ser. 862 (2017) 012021.

25. Н.К. Плешанов, К рефлектометрии нейтронов с прецессирующими спинами. – Поверхность. Рентгеновские, синхротронные и нейтронные исследования 12 (2019) 8-19.

26. N.K. Pleshanov, Neutron Spin Optics: Concepts, Verification and Prospects, in: Advances in Neutron Optics: Fundamentals and Applications in Material, Nuclear Sciences and Biomedicine, eds. M.L. Calvo and R.F. Alvarez-Estrada (CRC Press, Taylor & Francis Group, Boca Raton, 2019) pp. 205-238.

В опубликованных работах получили развитие каждый из аспектов нейтронной спиновой оптики: анализ поведения спина нейтронов в магнитном поле и при отражении от магнитных слоев; рефлектометрия поляризованных нейтронов; возможности улучшения обычных поляризаторов; инновационные покрытия для манипуляций со спинами нейтронов при отражении, новые инструментальные и функциональные возможности.

На автореферат поступило 4 отзыва. Все отзывы положительные.

1. Отзыв из Объединенного института ядерных исследований, г. Дубна. Отзыв подписан доктором физико-математических наук, главным научным сотрудником Лаборатории нейтронной физики имени И.М. Франка Франком А. И. Отзыв содержит критику стиля изложения материала: «Отмечая высокое качество научных результатов автора, отличающихся существенной новизной и безусловной актуальностью, с огорчением должен констатировать, что собственно изложение их в автореферате оставляет чувство неудовлетворенности. Желая отразить в автореферате все многочисленные вопросы, затронутые в диссертации, автор делает их описание столь кратким, что, читая текст, не всегда можно понять его физическое содержание. Возможно, автору следовало бы отказаться от описания всех, едва ли не сорока, разделов диссертации, а ограничиться описанием только наиболее важных результатов, дав при этом достаточно популярное их изложение. Мне не хочется перечислять здесь многочисленные огрехи в изложении, свидетельствующие о некоторой небрежности в работе над текстом или о спешке при написании автореферата. Однако, чтобы не быть голословным, приведу здесь лишь один пример. В подписи к рис. 6 на стр.15 читаем «Коэффициенты

прохождения нейтронов с $\lambda = 0.23$ нм через доменную стенку толщиной $d=263.1$ нм без (T_0) и с (T_r) рефракцией (с противоположными спинами) в зависимости от угла скольжения θ для различных законов изменения угла Ω вращения намагниченности (19.7 кГц): 1Н – спираль, 3Н – три спирали и Ландау-Лифшиц [6] (сплошные кривые)». Хотя внимание здесь привлекает несколько курьезное словосочетание «три спирали и Ландау-Лифшиц», к этому тексту есть и более серьезные претензии. В автореферате комментариев к этому рисунку мы не находим. Как измерялись коэффициенты прохождения нейтронов через доменную стенку остается неясным. Зачем здесь приведен этот рисунок, вероятно уместный в диссертации, не ясно. Думаю, что следовало бы либо пожертвовать этим рисунком, либо уделить большее место его описанию. Такого рода примеров можно привести много.»

2. Отзыв из Объединенного института ядерных исследований, г. Дубна. Отзыв подписан доктором физико-математических наук, начальником сектора нейтронной оптики Лаборатории нейтронной физики имени И.М. Франка Авдеевым М.В. Замечаний не содержит.

3. Отзыв из Петербургского института ядерной физики НИЦ «Курчатовский институт», г. Гатчина. Отзыв подписан доктором физико-математических наук, заместителем директора по научной работе ПИЯФ - НИЦ «Курчатовский институт» Ворониным В.В. Замечаний не содержит.

4. Отзыв из Института физики микроструктур РАН, г. Нижний Новгород. Отзыв подписан членом-корреспондентом РАН, доктором физико-математических наук, главным научным сотрудником Института физики микроструктур РАН Салашенко Н.Н. Замечаний не содержит.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается тем, что Григорьева Наталья Анатольевна, доктор физико-математических наук, доцент, профессор кафедры ядерно-физических методов исследования Физического факультета Санкт-Петербургского государственного университета, в своей практике широко использует нейтронные методы исследования, в том числе методы малоугловой дифракции и малоуглового рассеяния поляризованных нейтронов. Другим аспектом ее деятельности является исследование магнетизма структур и наноструктур; к подобным структурам относятся и задействованные в диссертационной работе пленочные магнитные структуры и многослойные

структуры, содержащие магнитные нанослои.

Кравцов Евгений Алексеевич, доктор физико-математических наук, главный научный сотрудник лаборатории квантовой наноспинтроники Института физики металлов имени М.Н. Михеева Уральского отделения РАН, является известным специалистом мирового уровня в области исследования пленочных магнитных структур и многослойных структур с уникальными магнитными свойствами. В этих исследованиях в качестве важнейшего метода он не только использует рефлектометрию поляризованных нейтронов, но и активно развивает новый метод нейтронной рефлектометрии с применением референтных и опорных слоев для получения фазовой информации.

Фраерман Андрей Александрович, доктор физико-математических наук, заведующий отделом магнитных наноструктур Института физики микроструктур РАН – филиала Института прикладной физики РАН, является известнейшим специалистом по теоретическому и экспериментальному исследованию магнитных наноструктур, в том числе магнитных слоев и многослоек. В его работах затрагиваются аспекты, связанные с аналогией движения электронов в проводящих металлах и нейтронов в магнитном неоднородном поле. Тематически они непосредственно соприкасаются с рядом аспектов нейтронной спиновой оптики, которые исследуются в диссертационной работе.

Ведущая организация – Международная межправительственная организация Объединенный институт ядерных исследований (ОИЯИ) в лице Лаборатории нейтронной физики имени И.М. Франка ОИЯИ является крупнейшим в России и признанным международным исследовательским нейтронным центром. В Лаборатории широко проводятся фундаментальные и прикладные научные исследования с использованием поляризованных нейтронных пучков. Фундаментальные, теоретические и экспериментальные, работы по нейтронной оптике широко известны и имеют международное признание. Лаборатория известна исследованиями в области физики магнитных слоистых структур с привлечением нейтронных рефлектометров с режимом работы с поляризованными нейтронами.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

1) Впервые:

- Реализован рефлектометрический вариант эксперимента Вигнера, иллюстрирующего концепцию о результате квантово-механического измерения.
- Предложен и верифицирован новый метод улучшения поляризующих нейтронных покрытий с помощью нанопрослоек с отрицательным потенциалом на каждой межслойной границе.
- Проведен анализ влияния отражения нейтронов с переворотом спина на эффективность многоканальных поляризаторов.
- Обоснованы схемы полной нейтронной рефлектометрии, включающей измерение не только модулей, но и разностей фаз элементов матрицы отражения.
- Тестирована нейтронная рефлектометрия с векторным анализом поляризации пучка.
- Проведено наблюдение сдвига фазы волновой функции и связанного с ним вращения вектора поляризации при полном отражении нейтронов.
- Предложена, обоснована теоретически и верифицирована экспериментально нейтронная спин-манипуляционная оптика на основе вращающихся спин покрытий, означающая переход от 1D (селекция спинов) к 3D (вращение спинов).
- Предложены компактные устройства на основе инновационных покрытий для манипуляций с нейтронными спинами.
- Предложены гиперполяризаторы, которые не только разделяют нейтроны с противоположными спинами, но и флиппируют «неправильные» спины.
- Разработан метод измерения эффективности зеркальных флипперов, получена формула для расчета эффективности из нейтронных интенсивностей.
- Изготовлен и исследован зеркальный флиппер.

2) Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

- Математическая теорема о суперпозиции двух спиноров имеет самое общее значение; в качестве ее физического приложения дается анализ поведения спина нейтрона в магнитном поле.
- Расширена область применения концепции ларморовской прецессии нейтронного спина, введены такие понятия как пилотная скорость, нефронтальная прецессия, квантовая нутация, нутационная ось, нутационная динамика, динамическая ось.

– Формулировка обобщенных методов, матричного и суммирований Эйри, в каноническом виде позволяет переходить от одного матричного представления к другому по стандартным правилам квантовой механики, облегчается анализ нейтронного отражения и прохождения слоистых магнитных структур.

– Оригинальным способом показано, что для компланарных магнитных систем число независимых параметров в матрице отражения уменьшается с 8 до 6, причем $R_{+-} = R_{-+}$; для коллинеарных магнитных систем число независимых параметров уменьшается до 4.

– Отмечена перекрестная интерференция при отражении нейтронов с прецессирующим спином с возможностью ее применения для реализации схемы полной рефлектометрии.

– Полученные формулы для сечения упругого рассеяния нейтронов и, в частности, для коэффициента отражения позволяют учесть спин-зависимую рефракцию в магнитном поле.

– Отмеченные поляризационные эффекты при отражении позволят изучить различные аспекты связи спиновых и пространственных степеней свободы при взаимодействии нейтронов с магнитными слоями, проводить модельные эксперименты.

– Рефлектометрический вариант эксперимента Вигнера дал простейшую иллюстрацию результата квантово-механического измерения как суперпозиции когерентных состояний.

– Сформулированы основные принципы и создан теоретический фундамент для развития нейтронной спин-манипуляционной оптики.

3) Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что:

– С расширением области применения концепции ларморовской прецессии уточнена интерпретация ряда экспериментов.

– Указаны способы приготовления пучков нейтронов с нутационной динамикой спина и возможности их применения для нутационного спин-эхо и в нейтронной рефлектометрии.

– Обобщенные матричный метод и метод суммирований Эйри используются для расчета коэффициентов отражения (прохождения) нейтронов от структур с

произвольной по величине и направлению намагниченностью слоев и сопутствующих поляризационных эффектов.

– Наблюдавшаяся суперпозиция когерентных состояний с противоположными спинами после отражения (эксперимент Вигнера) лежит в основе нейтронной спин-манипуляционной оптики.

– Применение нанопрослоек Ti на межслойных границах имеет значительный потенциал улучшения поляризующих нейтронных покрытий.

– Анализ влияния отражения нейтронов с переворотом спина привел к новой конструкции магнитной системы и рекордной для широкоапертурных веерных анализаторов эффективности.

– Реализация схем полной нейтронной рефлектометрии позволит получать более полную информацию о магнетизме слоев и изучать поляризационные 3D-эффекты.

– Опция векторного анализа поляризации включена в концепцию рефлектометров РПН (на ИР-8, Москва) и SONATA (ПИК, Гатчина) для наблюдения поляризационных 3D-эффектов.

– Раскрыты преимущества и потенциал нейтронной спин-манипуляционной оптики.

– Нейтронная спин-манипуляционная оптика расширит инструментарий для эффективного использования поляризованных нейтронов в существующих методах и будет способствовать развитию инновационных методов исследования.

– Найдены решения (методы стабилизации угла квантовой прецессии при отражении) для создания базовых элементов нейтронной спиновой оптики с расчетом их эффективности.

– Представлены схемы компактных устройств манипуляции спинами и гиперполяризаторов.

– Разработанный метод измерения эффективности зеркальных флипперов успешно применен и может быть обобщен на измерение эффективности зеркальных вращателей спина.

– Предложены и обоснованы способы улучшения эффективности зеркальных флипперов.

4) Оценка достоверности результатов исследования выявила, что:

– Сформулированные в диссертационной работе положения, выводы и рекомендации подтверждаются использованием надежного сертифицированного оборудования, а также многолетней историей публикаций в данном направлении, уровнем цитирования работ и представлением результатов на обсуждение на множестве международных и российских конференций с повесткой, включающей тематику исследования, в том числе на конференциях, посвященных различным аспектам нейтронной оптики и использованию поляризованных нейтронов в различных областях исследований. Основные результаты, представленные в диссертации, докладывались на 27 российских и международных конференциях и изложены в 25 статьях в рецензируемых журналах, а также в 1 монографии.

– Соискатель использовал современные и надёжные экспериментальные и расчётные методы. Развитые им методы расчета основаны на известных квантово-механических подходах, применяемых другими авторами. Большинство полученных результатов обосновываются детальными расчетами, экспериментальные данные находятся в хорошем согласии с использованными теоретическими моделями и существующими представлениями.

5) Установлено качественное и количественное совпадение результатов, полученных в диссертационной работе, с результатами по данной тематике, опубликованными в независимых источниках. Соискатель создал новое направление поляризационной нейтронной оптики – нейтронную спиновую оптику, причем получил развитие каждый из ее аспектов. Границы очерченного контура определяют направления дальнейшего развития нейтронной спиновой оптики, что обусловлено настоятельной необходимостью развития неразрушающих нейтронных методов исследования структуры, магнетизма и динамики объектов различных масштабов и различной природы.

6) Личный вклад автора состоит в постановке задач исследований, участии в экспериментах с нейтронами, разработке теоретических моделей и методов расчета, компиляции программ обработки, анализе экспериментальных данных, формулировке выводов, представлении полученных результатов в публикациях и на конференциях.

Соискателем

- сформулирована и доказана теорема о суперпозиции двух спиноров с изменяющейся разностью фаз;
- найдены условия возникновения квантовой нутации и наблюдения нутационной динамики нейтронного спина;
- отмечены следствия некоммутативности операторов проекции спина и тока вероятности в магнитном поле: отличие нейтронной поляризации и поляризации нейтронного пучка, «маскировка» поляризации пучковых нейтронов, индуцированные полем поляризационные эффекты;
- для описания отражения нейтронов с прецессирующим спином одномерное уравнение Шредингера записано с двумя сохраняющимися «энергиями»;
- найдены условия наблюдения перекрестной интерференции при отражении нейтронов с прецессирующим спином от слоистых магнитных структур;
- элементы матрицы отражения нейтронов от границы магнитно неколлинеарных сред записаны в представлении с произвольной осью квантования;
- отмечено и объяснено «аномальное» прохождение нейтронов в магнитную стенку;
- для расчета элементов матрицы отражения нейтронов обобщены основные численные методы оптики слоев, матричный метод и метод суммирований Эйри;
- проведен анализ новых возможностей метода нейтронной рефлектометрии для исследования магнитных слоев и наблюдения поляризационных 3D-эффектов при отражении нейтронов;
- спланированы и проведены эксперименты по наблюдению сдвига фазы и связанного с ним вращения вектора поляризации при полном отражении нейтронов;
- предложена идея нового направления в поляризационной нейтронной оптике – нейтронной спин-манипуляционной оптики на основе покрытий, вращающих спин при отражении нейтрона;
- создан теоретический и экспериментальный фундамент для развития нейтронной спин-манипуляционной оптики, раскрыты ее преимущества и потенциал;
- спланированы и выполнены эксперименты с первым зеркальным флиппером для верификации нейтронной спин-манипуляционной оптики;

– предложена и верифицирована экспериментально идея улучшения поляризующих нейтронных покрытий с помощью нанопрослоек с отрицательным потенциалом на межслойных границах;

– на основе оригинальных разработок создан комплекс программного обеспечения для теоретических расчетов, обработки и подгонки нейтронных рефлектометрических данных.

Диссертационный совет пришел к выводу, что диссертационная работа Плешанова Н.К. "Нейтронная спиновая оптика" на соискание ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 01.04.01 – «Приборы и методы экспериментальной физики» представляет собой законченную научно-квалификационную работу, которая соответствует критериям, установленным Положением о присуждении ученых степеней, утвержденным Постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г. № 842 (в действующей редакции).

На заседании **18 марта 2021 г.** Диссертационный совет принял решение присудить **Плешанову Николаю Константиновичу** ученую степень доктора физико-математических наук.

При проведении открытого голосования диссертационный совет в количестве 19 человек (в том числе присутствовали удаленно – 8 человек), из них 5 докторов наук по специальности диссертации 01.04.01 – «Приборы и методы экспериментальной физики», участвовавших в заседании, из 27 человек, входящих в состав совета, проголосовал:

за присуждение ученой степени – 16,
против присуждения ученой степени – нет,
воздержались – 3.

Заместитель председателя

диссертационного совета, д.ф.м.н. – проф.

Ученый секретарь

диссертационного совета,

18.03.2021 г.



П.К. Кашкаров

В.А. Демин