

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертационную работу

Соколова Олега Владимировича

«Теоретическое исследование импульсных резонансных явлений

методом мультипликативного интегрирования»,

представленную к защите на соискание ученой степени

кандидата физико-математических наук

по специальности 01.04.02 — теоретическая физика.

Ядерное квадрупольное, спиновое и световое эхо и другие резонансные импульсные методы находят широкое применение при исследовании микроскопических характеристик веществ в различных агрегатных состояниях. Стационарные резонансные методы дают возможность измерять величины химического сдвига, константы квадрупольного взаимодействия, параметры асимметрии и другие величины. Импульсные резонансные методы позволяют в отличие от стационарных также исследовать внутренние электрические и магнитные локальные поля в кристаллах, неравновесные состояния спиновых систем (релаксационные процессы), упрощают наблюдение сигналов в неупорядоченных кристаллах, что существенно расширяет возможности резонансных методов. Импульсные резонансные методы также дают новые возможности для создания устройств обработки информации в различных диапазонах электромагнитного излучения.

В работе О.В. Соколова на основе модели Блоха и уравнения Шрёдингера при помощи метода мультипликативного интегрирования исследуются импульсные резонансные явления. Метод мультипликативного интегрирования очень перспективен для получения приближенных аналитических решений систем линейных дифференциальных уравнений, к которым в данном случае сводятся и уравнения Блоха и уравнение Шрёдингера. Так как вычисление мультипликативных интегралов в общем случае сталкивается с большими математическими трудностями, то важна разработка приближенных методов вычисления. Одним из способов упрощения вычисления мультипликативных интегралов является процедура интегрирования по частям, для применения которой из подынтегрального выражения нужно выделить слагаемое, мультипликативный интеграл от

которого может быть вычислен точно. Таким слагаемым может быть функционально-нильпотентная матрица. Поэтому в работе диссертанта содержится раздел, в котором проводится исследование структуры функционально-нильпотентных матриц. Вышесказанное доказывает **актуальность темы, научную новизну и практическую значимость** представленной диссертации, в которой при помощи метода мультипликативного интегрирования получены приближенные аналитические решения уравнений Блоха и уравнения Шрёдингера, которыми описываются импульсные резонансные явления.

Структура диссертации.

Диссертация содержит введение, четыре главы, заключение и три приложения. Библиографический список содержит 83 наименования. Общий объем диссертации составляет 93 страницы.

Введение содержит обоснование актуальности темы, формулировки цели и задачи диссертационного исследования. Отмечена научная новизна, дано краткое описание результатов диссертации.

В главе 1 представлен обзор литературы по основам теории мультипликативного интегрирования и развитию импульсных резонансных методов.

В главе 2 разработан метод нахождения всех структур функционально-нильпотентных матриц третьего и четвертого порядка. Найдены все структуры функционально-нильпотентных матриц третьего порядка и некоторые из функционально-нильпотентных матриц четвертого порядка. Для функционально-нильпотентной матрицы n -го порядка показано прямыми методами, что ее ранг не может превосходить целой части от $(n/2)$.

В первой части главы 3 при помощи метода мультипликативного интегрирования, основываясь на модели Блоха, рассмотрено получение стимулированного эха по трехимпульсной методике. С помощью полученного выражения для эхо-сигнала показано, что продольное и поперечное времена релаксации влияют на величину и форму эхо-сигнала.

Во второй части главы 3 изучено влияние наличия шумовой составляющей при автокорреляционной обработке на форму эхо-сигнала. Показано, что при увеличении мощности шума зависимость выходного отношения сигнал-шум от входного отношения сигнал-шум из линейной становится нелинейной.

В третьей части главы 3 исследовано образование эхо-сигнала при частичном наложении исходных импульсов. Изучена зависимость формы и величины эхо-сигнала от величины перекрытия исходных сигналов.

Установлено, при каких условиях возможен практически полный «развал» эхо-сигнала.

В четвертой части главы 3 изучено образование спинового эха в ферромагнитных поликристаллах при двухимпульсном возбуждении. С помощью метода мультипликативного интегрирования путем решения уравнения Шредингера найдена зависимость амплитуды эхо-сигнала от площади радиочастотного импульса. Показано, что эта зависимость имеет характерный максимум при некотором значении площади радиочастотного импульса.

В пятой части главы 3 исследованы условия возможности анализа спектров сигналов в спиновых эхо-процессорах в реальном масштабе времени по трехимпульсной методике без применения дополнительных устройств. Найдены два возможных варианта условий получения спектров сигналов в реальном масштабе времени. Если известен исследуемый импульс, то спектр управляющего импульса должен зависеть определенным образом от характеристик исследуемого импульса. Либо, если задан управляющий импульс в виде сигнала с линейной частотной модуляцией (ЛЧМ), то исследуемый импульс должен принадлежать соответствующему счетному набору сигналов. Найдены несколько сигналов из этого набора для заданных характеристик управляющего сигнала с ЛЧМ.

В главе 4 при помощи уравнения Шредингера были рассмотрены отличия получения ядерного квадрупольного эха при одночастотном и двухчастотном возбуждении. С помощью метода мультипликативного интегрирования для системы ядер, спин которых равен $5/2$, получены выражения для эхо-сигнала как при одночастотном возбуждении, так и при двухчастотном возбуждении. Показано, что при двухчастотном возбуждении возможно усиление эхо-сигнала по сравнению с одночастотным.

Новизна полученных результатов и выводов определяется тем, что в ходе выполнения работы автором **впервые**:

- в явлениях спинового и светового эха при помощи решения уравнений Блоха методом мультипликативного интегрирования установлена связь между временами релаксации с одной стороны, и формой и величиной эхо-сигнала с другой стороны;
- найдена зависимость выходного отношения сигнал-шум от входного отношения сигнал-шум при корреляционной обработке сигнала с шумовой составляющей;
- путем решения уравнения Шредингера методом мультипликативного интегрирования получена зависимость амплитуды эхо-сигнала от площади радиочастотного импульса

при двухимпульсном возбуждении спинового эха в ферромагнитном поликристалле.

В заключении кратко и адекватно просуммированы все основные результаты диссертации.

Обоснованность и достоверность научных положений и выводов.

Научные положения и выводы получены на основе апробированных методов теоретической физики при помощи корректного применения математических методов. Полученные результаты совпадают в предельных случаях с результатами теоретических расчетов и результатами экспериментов, выполненных в этой области знаний другими авторами.

Замечания по работе

1. Недостаточно полно описаны преимущества метода мультипликативного интегрирования при исследовании импульсных резонансных явлений по сравнению с другими методами.
2. В четвертой главе желательно было бы объяснить, почему спин ядер выбран именно $5/2$, и описать, как изменилась бы ситуация при других спинах ядер.
3. Недостаточно полно описаны возможные применения полученных в работе результатов.
4. В автореферате сделан излишне подробный обзор литературных источников при описании результатов третьей и четвертой глав, что увеличивает объем автореферата.

Заключение

Отмеченные недостатки не затрагивают основных результатов работы и не изменяют её общей положительной оценки. Автореферат полно и точно отражает содержание диссертации. В целом, диссертационная работа О.В. Соколова выполнена на высоком научном уровне, содержит решение поставленных задач. При их решении диссертант продемонстрировал высокую степень владения методами теоретической физики и должную квалификацию.

Содержание работы соответствует специальности, по которой она представлена (01.04.02 – теоретическая физика). Основные результаты, представленные в диссертации, опубликованы в 10 работах, из них 4 публикации в рецензируемых научных журналах, рекомендованных ВАК, и

одно свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ. Работа достаточно апробирована: её результаты доложены на 5 международных научных конференциях.

В целом, считаю, что по уровню проведённых исследований, новизне полученных результатов и их значимости представленная диссертация соответствует требованиям, предъявляемым ВАК, а её автор — Олег Владимирович Соколов — заслуживает присуждения ему учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.02 — теоретическая физика.

Официальный оппонент,
зав. лабораторией нелинейной оптики
КФТИ КазНЦ РАН,
д.ф.-м.н., профессор



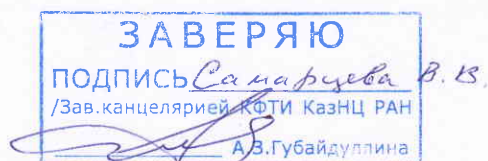
Самарцев Виталий Владимирович

«22» октября 2014 года

420029, Казань, ул. Сибирский тракт, 10/7

Раб. тел.: 8(843)2319068

e-mail: samartsev@kfti.knc.ru



Федеральное государственное бюджетное учреждение
науки Казанский физико-технический институт
имени Е.К. Завойского Казанского научного центра
Российской академии наук