

Отзыв научного руководителя

на диссертационную работу

Рытова Руслана Алексеевича

на тему

«Теоретическое и экспериментальное исследование ансамблей магнитных наночастиц, полученных методом механокавитации, для применения в биомедицине»

представленную к защите на звание кандидата физико-математических наук по специальности

«1.3.8 Физика конденсированного состояния»

Руслан Алексеевич Рытов поступил в аспирантуру кафедры Metallургии стали, новых производственных технологий и защиты металлов НИТУ МИСИС в 2019 году. За время обучения в аспирантуре он активно занимался исследованиями в области физики взаимодействующих ансамблей магнитных наночастиц, разрабатываемых специально для применения в биомедицине.

Первая часть работы Р.А. Рытова посвящена экспериментальному получению и исследованию ансамблей магнитных наночастиц из сплава $\text{Fe}_{73}\text{Co}_{27}$ и оксида железа Fe_3O_4 , полученных методом механокавитации. Этот перспективный метод позволяет получать наночастицы различных составов совершенной кристаллической структуры, с химически чистой поверхностью. От аспиранта требовалось научиться работать с ультразвуковой установкой высокой мощности, освоить сложные экспериментальные методы работы с нестабильными растворами магнитных наночастиц, изучить методы современного физико-химического анализа полученных ансамблей магнитных наночастиц.

Полученные в данном исследовании наночастицы из сплава $\text{Fe}_{73}\text{Co}_{27}$, с рекордно высокой намагниченностью насыщения, весьма перспективны для создания малых магнитных элементов сложной внешней формы, предназначенных для использования в конструкции микро-электродвигателей. С другой стороны, биосовместимые наночастицы магнетита, Fe_3O_4 , весьма перспективны для применения в магнитной гипертермии, новом методе лечения онкологических заболеваний. Для применения в магнитной гипертермии необходимо исследовать удельную мощность поглощения энергии переменного магнитного поля ансамблем магнитных наночастиц. Р.А. Рытов успешно освоил методы создания образцов с наночастицами в среде, имитирующей плотные биологические ткани, а также освоил методику измерения удельной поглощаемой мощности ансамблей в переменном магнитном поле. В ходе проведения исследований был также приобретен опыт структурной характеристики частиц с использованием рентгеновской дифракции и электронной микроскопии, характеристики магнитных свойств частиц с помощью вибромагнетометра, анализа дисперсионного состава наночастиц с помощью методики динамического рассеяния света (DLS) и измерения дзета-потенциала наночастиц, покрытых электро-стабилизирующими молекулами.

Вторая часть работы аспиранта Р.А. Рытова посвящена компьютерному моделированию ансамблей магнитных наночастиц с помощью системы стохастических уравнений Ландау-Лифшица, с применением оригинального программного кода, написанного на языке среды Delphi. Важной характеристикой ансамбля магнитных наночастиц являются рассчитанные Р.А. Рытовым низкочастотные петли гистерезиса ансамбля, частицы которого могут быть распределены как в твердой матрице, так и в жидкостях различной вязкости. Также, часть работы была посвящена моделированию процессов релаксации намагниченности в ансамблях наночастиц с одноосным и кубическим типом магнитной анизотропии. Р.А. Рытов успешно освоил методику моделирования динамики намагниченности

ансамбля магнитных наночастиц, а также освоил методы обработки полученных данных. Аспирантом были получены важные результаты в области расчета удельной поглощаемой мощности ансамблей, исследована динамика неелевской и броуновской релаксации наночастиц в жидкости.

Руслан Рытов принимал непосредственное участие в постановке задач, проведении экспериментальных исследований, выполнении трудоемких численных расчетов, а также анализе полученных результатов. Аспирантом была проведена большая часть экспериментальных исследований, описанных в диссертации. Р.А. Рытов проводил обобщение и систематизацию полученных результатов, принимал активное участие в написании научных статей. По результатам проведенных исследований им было опубликовано 8 научных работ в международных изданиях, индексируемых в базах данных Scopus и Web of Science.

В настоящий момент Рытов Руслан является квалифицированным специалистом, способным самостоятельно ставить и решать новые научные задачи в области магнитных наноматериалов, и смежных областях. Он имеет навыки проведения экспериментальных исследований в данной области, а также обладает достаточно широкими знаниями в области математического моделирования, материаловедения и физики магнитных явлений.

Диссертационная работа аспиранта направлена на решение актуальных задач в области проектирования новых материалов для современного высокотехнологичного здравоохранения. Полученные им ансамбли магнитных наночастиц перспективны для применения в современных нанотехнологиях, в частности, в биомедицине. Проведенные им теоретические расчеты показывают направления для дальнейшего улучшения свойств получаемых ансамблей наночастиц и полезны для правильной интерпретации экспериментальных данных.

Содержащие диссертационной работы соответствует направлению «1.3.8 Физика конденсированного состояния». Настоящая диссертационная работа является законченной научно-исследовательской работой,

выполненной на высоком научном уровне, а диссертант Рытов Руслан Алексеевич достоин присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по указанной специальности.

Научный руководитель,
доктор физико-математических наук,
ведущий научный сотрудник
лаборатории геомагнитных вариаций



Н. А. Усов

18.03.2023

Место работы: Институт земного магнетизма и ионосферы им. Н. В. Пушкова РАН

Адрес: 108840, Россия, г. Москва, г. Троицк, Калужское шоссе, д. 4, ИЗМИРАН

Тел.: 8(910) 861-50-64

E-mail: usov@izmiran.ru

Подпись Н.А.Усова удостоверяю

Ученый секретарь ИЗМИРАН



А. И. Рез