

Заключение диссертационного совета МГУ.013.5  
по диссертации на соискание ученой степени кандидата наук

Решение диссертационного совета от «9» февраля 2023 г. № 11

О присуждении Губановой Елизавете Михайловне, гражданке Российской Федерации, ученой степени кандидата физико-математических наук.

Диссертация «Оптимизация свойств магнитных наночастиц для применения в магнитной гипертермии» по специальности 1.3.12 – «Физика магнитных явлений» принята к защите диссертационным советом 15 декабря 2022 г., протокол № 9.

Соискатель, Губанова Елизавета Михайловна, 1995 года рождения, в 2018 году окончила Обнинский институт атомной энергетики – филиал федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ» (ИАТЭ НИЯУ МИФИ) с присвоением квалификации «магистр» по направлению подготовки 04.04.02 «Химия, физика и механика материалов». В 2022 году она успешно освоила программу подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре ИАТЭ НИЯУ МИФИ по направлению 04.06.01 «Химические науки». На данный момент работает преподавателем в отделении биотехнологий ИАТЭ НИЯУ МИФИ.

Диссертация выполнена в отделении биотехнологий ИАТЭ НИЯУ МИФИ.

Научный руководитель – доктор физико-математических наук Усов Николай Александрович, ведущий научный сотрудник лаборатории геомагнитных вариаций Института земного магнетизма и ионосферы им. Н. В. Пушкова РАН.

Официальные оппоненты:

– Грановский Александр Борисович, доктор физико-математических наук, профессор, профессор кафедры магнетизма физического факультета Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова»,

– Чеченин Николай Гаврилович, доктор физико-математических наук, профессор, заведующий отделом атомного ядра Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова», Научно-исследовательского института ядерной физики имени Д. В. Скобельцына (НИИЯФ МГУ),

– Звездин Константин Анатольевич, кандидат физико-математических наук, старший научный сотрудник теоретического отдела Федерального государственного бюджетного учреждения науки Федерального исследовательского центра «Институт общей физики им. А.М. Прохорова Российской академии наук» (ИОФ РАН), дали положительные отзывы на диссертацию.

Соискатель имеет 9 опубликованных статей, все работы индексируются в международных базах данных WoS и Scopus. По теме диссертации опубликовано 7 статей в рецензируемых научных журналах, рекомендованных для защиты в диссертационном совете МГУ по специальности 1.3.12 – «Физика магнитных явлений».

Все научные результаты, представленные в диссертации, были получены автором лично. Достоверность результатов обеспечена использованием взаимодополняющих методик. Результаты расчетов согласуются с экспериментальными данными, полученными разными научными группами. Вклад автора в подготовку всех публикаций является определяющим.

В качестве основных публикаций можно выделить следующие работы:

1. Usov N. A., Gubanova E. M., Wei Z. H. Specific absorption rate of assembly of magnetic nanoparticles with uniaxial anisotropy // Journal of Physics: Conference Series. — 2020. — Vol. 1439, № 1. — P. 012044 (Импакт-фактор журнала SJR на момент публикации статьи – 0.227 (Q4), DOI: 10.1088/1742-6596/1439/1/012044);

2. Usov N. A., Nesmeyanov M. S., Gubanova E. M., Epshtein N. B. Heating ability of magnetic nanoparticles with cubic and combined anisotropy // Beilstein Journal of Nanotechnology. — 2019. — Vol. 10, № 1. — pp. 305–314 (Импакт-фактор журнала SJR на момент публикации статьи – 0.769 (Q2), DOI: 10.3762/bjnano.10.29);

3. Gubanova E. M., Usov N. A., Oleinikov V. A. Heating ability of elongated magnetic nanoparticles // Beilstein Journal of Nanotechnology. — 2021. — Vol. 12, № 1. — pp. 1404–1412 (Импакт-фактор журнала в SJR на момент публикации статьи – 0.721 (Q2) DOI: 10.3762/bjnano.12.104);

4. Usov N. A., Serebryakova O. N., Gubanova E. M. The heating of magnetic nanoparticles in a rotating magnetic field // Nanoscale and Microscale Thermophysical Engineering. — 2019. — Vol. 24, № 1. — pp. 20–28 (Импакт-фактор журнала SJR на момент публикации статьи – 1.152 (Q1), DOI: 10.1080/15567265.2019.1689589);

5. Usov N. A., Gubanova E. M., Epshtein N. B., Belyaeva G. A., Oleinikov V. A. Quasistatic hysteresis loops of magnetic nanoparticles in a rotating magnetic field // Journal of Magnetism and Magnetic Materials. 2020. — Vol. 499. — P. 166260 (Импакт-фактор журнала SJR на момент публикации статьи – 0.658 (Q2), DOI: 10.1016/j.jmmm.2019.166260);

6. Gubanova E. M., Rytov R. A., Usov N. A. Dynamics of particles with cubic magnetic anisotropy in a viscous liquid // Journal of Magnetism and Magnetic Materials. — 2022. — Vol. 541. — P. 168494 (Импакт-фактор журнала SJR на момент публикации статьи – 0.606 (Q2), DOI: 10.1016/j.jmmm.2021.168494).

7. Usov N. A., Gubanova E. M. Application of magnetosomes in magnetic hyperthermia // Nanomaterials. — 2020. — Vol. 10, № 7. — P. 1320 (Импакт-фактор журнала SJR на момент публикации статьи – 0.858 (Q1), DOI: 10.3390/nano10071320).

На диссертацию и автореферат поступили 3 дополнительных отзыва, все положительные.

Выбор официальных оппонентов обосновывался соответствием их научных интересов профилю рассматриваемой диссертации, профессионализмом, высокими достижениями и компетентностью в соответствующей отрасли науки, а также наличием публикаций, соответствующих тематике диссертации. Указанные оппоненты не имеют совместных проектов и публикаций по теме диссертации с соискателем.

**Диссертационный совет отмечает, что представленная диссертация на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук является научно-квалификационной работой, в которой на основании выполненных автором исследований решены важные научные задачи, расширяющие современные представления о динамике намагниченности в переменных магнитных полях в ансамблях магнитных наночастиц железа и оксидов железа, применяемых в магнитной гипертермии. Полученные теоретические результаты для формы низкочастотных петель гистерезиса и значений удельной поглощаемой мощности (УПМ) ансамблей наночастиц с различными геометрическими и магнитными параметрами, при разных частотах и амплитудах переменного магнитного поля, вязкости среды, представляют интерес для широкого круга специалистов. Они могут быть использованы в научно-исследовательских организациях, в частности, МГУ, ИРЭ РАН, ИФМ УРО РАН, ФТИ им. А.Ф. Иоффе, МФТИ, МИРЭА, ИОФ РАН, Институте биоинженерии им. К.Г. Скрябина ФИЦ Биотехнологии РАН и др., занимающихся разработкой и исследованием магнитных материалов для применения в различных биомедицинских приложениях, а также могут быть включены в курсы по физике конденсированных сред и физике магнитных явлений.**

**Диссертация представляет собой самостоятельное законченное исследование, обладающее внутренним единством. Положения, выносимые на защиту, содержат новые научные результаты и свидетельствуют о личном вкладе автора в науку:**

1. Для различных ансамблей существуют оптимальные диаметры частиц, при которых УПМ разреженного ансамбля в переменном магнитном поле достигает максимума. Окно оптимальных диаметров зависит от геометрических и магнитных параметров ансамбля.

2. В плотных 3D и фрактальных кластерах магнитных наночастиц происходит существенное уменьшение УПМ ансамблей за счет влияния магнито-дипольного взаимодействия. Немагнитные оболочки оптимизированной толщины позволяют нивелировать этот эффект.

3. За счет существенного преобладания анизотропии формы при увеличении аспектного отношения наночастиц УПМ случайно ориентированного разреженного ансамбля наночастиц магнетита в переменном магнитном поле значительно уменьшается.

4. Ориентация ансамбля вытянутых наночастиц в магнитном поле приводит к почти двукратному увеличению УПМ при той же частоте и амплитуде переменного магнитного поля при неизменном диапазоне оптимальных диаметров частиц.

5. Максимальные значения УПМ во вращающемся магнитном поле оказываются на 30–40 % больше, чем в переменном магнитном поле, что объясняется постоянством величины вектора магнитного поля при использовании вращающихся полей, в то время как величина переменного магнитного поля уменьшается до нуля два раза за период изменения поля.

6. Под действием переменного магнитного поля в вязкой жидкости возможно возникновение вязкого или магнитного режима перемагничивания ансамблей магнитных наночастиц с кубической анизотропией. Применение теории линейного отклика для таких ансамблей возможно только при малых амплитудах переменного магнитного поля, меньше 70 Э.

На заседании 9 февраля 2023 г. диссертационный совет принял решение присудить Губановой Елизавете Михайловне ученую степень кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.12 – «Физика магнитных явлений».

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 19 человек, из них 7 докторов наук по специальности рассматриваемой диссертации, участвовавших в заседании, из 22 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за – 19, против – нет, недействительных бюллетеней – нет.

Председатель диссертационного совета МГУ.013.5  
Доктор физико-математических наук,  
профессор

Перов Николай Сергеевич

Ученый секретарь диссертационного совета МГУ.013.5  
кандидат физико-математических наук

Шапаева Татьяна Борисовна

09.02.2023