

ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Фадеева Максима Сергеевича на тему: "Мессбауэровские исследования железосодержащих нанотрубок и наночастиц", представленной на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.8 – "Физика конденсированного состояния".

На сегодняшний день известно много разновидностей наноструктур, которые обладают потенциалом практического применения в магнитноэлектронике, катализе, энергетике, биомедицине и т.д. Для практического применения наноструктуры должны обладать необходимыми магнитными свойствами, устойчивостью к внешним воздействиям, стабильностью, биосовместимостью, простотой и дешевизной получения. Многими из этих свойств обладают наночастицы оксидов железа. Не меньший интерес вызывают исследования нанотрубок, содержащих металлы подгруппы железа, поскольку они в силу своих магнитных свойств, низкой плотности и большой удельной поверхности могут найти практическое применение в качестве носителей для адресной доставки лекарств с помощью магнитного поля. Поэтому работа Фадеева Максима Сергеевича по исследованию железосодержащих нанотрубок и наночастиц является очень важной и **актуальной**.

В работе выполнены детальные мессбауэровские исследования Fe, Fe-Co и Fe-Ni нанотрубок, синтезированных в полимерных ионно-трековых мембранах, Fe₃O₄ и Fe₃O₄@Au наночастиц, подвергнутых термическому отжигу, Fe₃O₄ наночастиц с модификацией поверхности и последующей иммобилизацией карборана, α-Fe₂O₃ наночастиц, облученных электронами, Fe-Ni / Fe-Ni-O наночастиц, подвергнутых термическому отжигу. Помимо мессбауэровской спектроскопии, автором были привлечены данные, полученные другими методами исследования: рентгеновской дифрактометрии, сканирующей и просвечивающей микроскопии.

Диссертационная работа Фадеева Максима Сергеевича «Мессбауэровские исследования железосодержащих нанотрубок и наночастиц» является завершенным исследованием и содержит **новые научно обоснованные результаты**.

Наиболее **важными** и интересными результатами работы, на мой взгляд, являются следующие.

1. При исследовании нанотрубок автору удалось получить концентрационные зависимости изменения сверхтонкого магнитного поля

ΔH_n , вызванного замещением атома Fe на атом Co или Ni в ближайшем окружении атома железа.

2. Предложена и реализована модель расшифровки мессбауэровских спектров оксидов железа в виде наночастиц смеси магнетита и маггемита или наночастиц нестехиометрического магнетита при наличии быстрого электронного обмена с учетом многоуровневой суперпарамагнитной релаксации для атомов Fe в различных структурных и зарядовых состояниях. Такая модель позволила автору определить молярную концентрацию маггемита и магнетита, степень нестехиометрии нестехиометрического магнетита, а также энергию магнитной анизотропии и размеры областей магнитного упорядочения атомов железа в наночастицах Fe_3O_4 , $Fe_3O_4@Au$ и Fe_3O_4 , покрытых карбораном.

3. В результате впервые проведенного анализа мессбауэровских спектров Fe-Ni / Fe-Ni-O наночастиц, подвергнутых термическому отжигу, была определена последовательность фазовых превращений и трансформаций фаз в этих наночастицах при изменении температуры отжига.

Необходимо также отметить, что для всех исследованных диссертантом наноструктур в работе приведены результаты практических исследований других авторов, в которых показана перспективность применения железосодержащих нанотрубок и наночастиц в биомедицине и энергетике.

К содержанию автореферата имеются **три замечания**.

1. Нет обоснования выбора конкретных геометрических размеров железосодержащих нанотрубок.

2. При описании использованной модели расшифровки мессбауэровских спектров Fe-Co и Fe-Ni нанотрубок ничего не сказано про наблюдаемые в спектрах квадрупольные дублеты (рис. 1) и о том, чему они соответствуют.

3. Нет пояснений к использованным автором терминам "локально однородные" и "локально неоднородные" области.

Полученные автором результаты мессбауэровских исследований вносят существенный вклад в развитие физических представлений о механизмах формирования сверхтонких взаимодействий в твердых телах и способствуют более эффективному применению железосодержащих наноструктур.

Считаю, что диссертационная работа Фадеева М. С. «Мессбауэровские исследования железосодержащих нанотрубок и наночастиц» является научно-квалификационной работой, обладающей **научной новизной** и **практической ценностью**.

На основе анализа текста автореферата, можно прийти к заключению, что содержание диссертации соответствует паспорту специальности 1.3.8 – «Физика конденсированного состояния» и удовлетворяет критериям, определенным в Положении о присуждении ученых степеней в Московском государственном университете имени М. В. Ломоносова. Соискатель Фадеев Максим Сергеевич **заслуживает** присуждения ему ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.8 – «Физика конденсированного состояния».

Профессор кафедры аналитической химии
Федерального государственного бюджетного
образовательного учреждения высшего образования
«Санкт-петербургский государственный университет»,
доктор физико-математических наук
по специальности 01.04.01 – Приборы и методы
экспериментальной физики

Семенов Валентин Георгиевич

21 марта 2023 г.

Служебный адрес и телефон:
198504, г. Санкт-Петербург, Петродворец, Университетский пр. 26,
Институт химии СПбГУ.

Р.т.: +7 812 428 67 77; м.т.: +7 812 428 67 77

E-mail: val_sem@mail.ru

Я, Семенов Валентин Георгиевич, даю согласие на обработку моих персональных данных, связанную с защитой диссертации и оформлением аттестационного дела М. С. Фадеева.

Подпись проф. В.Г. Семенова ЗАВЕРЯЮ: