

## Отзыв научного руководителя

о работе Савченко Сергея Павловича

С.П. Савченко поступил в аспирантуру Института физики металлов УрО РАН в 2016 году и начал работать в лаборатории кинетических явлений. Направление его учебно-научной деятельности было определено д.ф.-м.н., профессором Анатолием Петровичем Танкеевым, который являлся научным руководителем С.П. Савченко до 2018 г., и формулировалось следующим образом: «Нелинейные динамические и резонансные явления в магнитоупорядоченных материалах». В рамках этой темы планировалось изучение спиновых волн в средах, где существенно взаимодействие нескольких подсистем: магнитной и упругой, электронной спиновой и ядерной спиновой. Взаимодействие подсистем, как известно, приводит к особенностям поведения спиновых волн: в линейном режиме появляются особенности в законе дисперсии, в нелинейном режиме становится возможным существование долгоживущих локализованных состояний, таких как солитоны, вихри, скирмионы. Как правило, эти нелинейные возмущения являются большими по амплитуде и наблюдаются на фоне малоамплитудных возмущений, т. е. линейных волн. В связи с этим, исследование нелинейных возмущений всегда базируется на детальном исследовании свойств системы в линейном приближении. В результате исследований, выполненных С.П. Савченко, выяснилось, что в спектре линейных спиновых волн вблизи особых точек, таких, как электронно-ядерный резонанс, магнитоупругий резонанс а также вблизи границы зоны Брюллиэна, содержится ряд особенностей, приводящих к интересным физическим следствиям, которые ранее не были известны, или были описаны недостаточной подробно. Как следствие, тема диссертации была изменена на «Фокусировка, каустика и вырождение спиновых волн в магнитоупорядоченных средах».

Для решения задач, поставленных в диссертации, С.П. Савченко было необходимо изучить ряд вопросов из области физики конденсированных сред, физики магнитных явлений, теории специальных функций и численных методов решения алгебраических и дифференциальных уравнений.

1) Задача исследования связанных электронно-ядерных колебаний в одноосном ферромагнетике эллипсоидальной формы потребовала: (1) намного более глубокого, чем в ВУЗе, понимания методов решения краевых задач уравнений математической физики, (2) изучения теории специальных функций, (3) аккуратного применения численных методов решения уравнений. В частности, для получения одного из результатов работы — зависимости точек вырождения (поля и частоты) электронно-ядерных мод, - потребовалась разработка целого комплекса программ, учитывающего огромное количество тонкостей.

2) Получение законов дисперсии спиновых волн в ферромагнетиках и антиферромагнетиках в рамках модели Гейзенберга с учетом влияния соседей из нескольких координационных сфер потребовало применения квантово-механического аппарата. Для получения связи коэффициента усиления и поверхности постоянной частоты необходимо было хорошо изучить основы дифференциальной геометрии, а исследование поверхностей постоянной частоты спиновых волн невозможно без широкого применения численных методов.

3) Задача о магнитоупругих волнах оказалась довольно сложной, как с точки зрения получения аналитических выражений, так и с точки зрения численных методов. Закон дисперсии магнитоупругих волн оказывается существенно сложнее закона дисперсии упругих волн: для



упругих волн частота пропорциональна волновому числу, поэтому задача исследования поверхностей постоянной частоты сводится к исследованию зависимости величины фазовой скорости от направления, а для коэффициента усиления можно получить выражение в аналитическом виде. Частота магнитоупругих волн зависит от волнового числа нелинейным образом, причем в окрестности магнитоупругого резонанса эта зависимость очень сложна. Это приводит к необходимости более широкого применения численных методов, а анализ особенностей вблизи резонанса - области, где поведение спиновых волн наиболее интересно, поскольку они могут фокусироваться и может возникать их каустика, - требует терпения, внимания и особенной аккуратности в вычислениях.

С.П. Савченко выполнил большой объем аналитических и численных расчетов по изучению свойств спиновых волн вблизи особых точек, провел систематизацию полученных результатов и сформулировал наиболее важные результаты. Во всех решаемых задачах возникало множество трудностей, однако с возникшими проблемами С.П. Савченко успешно справился, продемонстрировав качества, необходимые для успешной научной работы: дисциплину, трудолюбие, настойчивость, самостоятельность, инициативу и критическое отношение к полученным результатам. Результаты научной работы были сгруппированы в представляемой диссертации кандидата физико-математических наук, демонстрирующей высокую научную квалификацию С.П. Савченко.

Результаты, полученные в диссертации, представляют интерес для физики магнитных явлений. В частности, явление самофокусировки спиновых волн представляется интересным с точки зрения применения в устройствах спинтроники. В диссертации С.П. Савченко исследована каустика спиновых волн — явление, заключающееся в том, что спиновые волны интенсивно распространяются в лишь в некоторых направлениях, изучены условия, при которых каустика возможна, и получены практические рекомендации — как можно управлять направлением каустики, например, при помощи частоты волны, или при помощи внешнего магнитного поля. Эти рекомендации могут оказаться полезными для разработки устройств передачи информации при помощи спиновых волн.

К настоящему времени С.П. Савченко является соавтором 9 научных статей в российских и зарубежных издательствах из списка ВАК. Основные результаты диссертации доложены на 11 Всероссийских и международных конференциях. Деятельность С.П. Савченко была поддержана грантами государственных заданий по темам «Спин» № АААА-А18-118020290104-2 и «Функция» №АААА-А19-119012990095-0, проектов УрО РАН №18-10-2-37 и №14.Z50.31.0025, гранта РФФИ №18-32-00139.

Считаю, что представленная работа вполне соответствует требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор Сергей Павлович Савченко заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.12 – «физика магнитных явлений».

Научный руководитель,  
с. н. с. лаборатории кинетических  
явлений ИФМ УрО РАН,  
к. ф. - м. н.

16.06.2021

