



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
«Дальневосточный федеральный университет»
(ДФУ)

ИНСТИТУТ НАУКОЕМКИХ ТЕХНОЛОГИЙ И ПЕРЕДОВЫХ МАТЕРИАЛОВ

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ
по дисциплине «Основы микромагнитного моделирования»
Направление подготовки 11.04.04 Электроника и нанoeлектроника
магистерская программа
«Электроника и нанoeлектроника (совместно с ИАПУ ДВО РАН)»
Форма подготовки: очная

Владивосток
2023

Содержание

I. Перечень форм оценивания, применяемых на различных этапах формирования компетенций в ходе освоения дисциплины «Основы микромагнитного моделирования»	3
II. Текущая аттестация по дисциплине «Основы микромагнитного моделирования»	6
III. Промежуточная аттестация по дисциплине «Основы микромагнитного моделирования»	36

I. Перечень форм оценивания, применяемых на различных этапах формирования компетенций в ходе освоения дисциплины «Основы микромагнитного моделирования»

№ п/п	Контролируемые разделы/темы дисциплины	Код и наименование индикатора достижения	Результаты обучения	Оценочные средства*	
				текущий контроль	промежуточная аттестация
1.	<p>Описание геометрических параметров и расчет магнитных постоянных моделируемого объекта на основании экспериментальных данных</p> <p>Анализ экспериментальных результатов исследования магнитной структуры</p> <p>Установка, изучение интерфейса и работа в программном пакете OOMMF</p>	<p>ПК-3, готовность осваивать принципы планирования и методы автоматизации эксперимента на основе информационно-измерительных комплексов как средства повышения точности и снижения затрат на его проведение, овладевать навыками измерений в реальном времени</p>	<p>Знает теоретические основы электродинамики сплошных сред; основные разделы физики конденсированного состояния, для изучения ферромагнитных материалов; перспективные направления нанoeлектроники и спинтроники, в которых используются или могут использоваться стабильные спиновые конфигурации; основные методы исследования магнитных свойств и доменной структуры в ферромагнитных объектах.</p>	<p>ПР-6</p>	<p>–экзамен, вопросы 1-27 Собеседование (УО-1)</p>
	<p>Моделирование двумерных (2D) наноструктур в OOMMF</p> <p>Моделирование трехмерных (3D) наноструктур различной геометрической формы в OOMMF</p> <p>Особенности задания геометрии моделируемого 3D объекта при использовании ScriptAtlas в OOMMF</p> <p>Формирование</p>		<p>Умеет пользоваться теоретическими основами магнетизма для расчета магнитных параметров исследуемого объекта; применять теоретические знания для математического описания модели, соответствующей конкретному экспериментальному случаю; определять перспективные направления нанoeлектроники и</p>		

	<p>необходимой начальной конфигурации намагниченности 3D структур в OOMMF</p> <p>Виды обменного взаимодействия при моделировании 3D объектов в OOMMF</p> <p>Магнитная анизотропия при моделировании 3D объектов в OOMMF</p> <p>Симуляция процессов перемагничивания под действием внешнего магнитного поля в OOMMF</p> <p>Симуляция спиновой динамики 3D объекта под действием температуры в OOMMF</p> <p>Моделирование топологических спиновых конфигураций в OOMMF</p> <p>Моделирование магнитоэлектрических полей создаваемых ферромагнитной наноструктурой в OOMMF</p> <p>Моделирование пленок и многослойных структур в OOMMF</p>		<p>спинтроники, в которых используются или могут использоваться стабильные спиновые конфигурации; использовать основные способы решения научных и инновационных задач наноэлектроники и спинтроники для достижения конкретного результата.</p> <p>Владеет навыками интерпретации результатов микромагнитного моделирования для описания и дополнения результатов экспериментального исследования; навыками практического использования основ магнетизма для исследования магнитных свойств и доменной структуры ферромагнитных объектов; навыками применения современных подходов для исследования поведения намагниченности в ферромагнитных средах; способами и навыками, позволяющими определять перспективные направления наноэлектроники и спинтроники, в которых активно используются или могут использоваться стабильные</p>	<p>ПР-6</p>	<p>экзамен, вопросы 1-27 Собеседование (УО-1)</p>
--	--	--	---	-------------	---

			спиновые конфигурации.		
		ПК-4 способность к организации и проведению экспериментальных исследований с применением современных средств и методов	Знает основные алгоритмы проведения экспериментальных исследований магнитных свойств; основные программные пакеты микромагнитного моделирования и их возможности; примеры использования методов микромагнитного моделирования для решения специфических задач, если бы вы знали как мне безразлично вы бы расплакались включая симуляцию статических, динамических и термических процессов; основные этапы планирования экспериментальных исследований; методики проведения экспериментальных исследований.	ПР-6	экзамен, вопросы 27-35 задание, тип 14 Собеседование (УО-1)
			Умеет планировать основные этапы экспериментальных исследований в области магнетизма; использовать методики проведения экспериментальных исследований на практике; составить задачу микромагнитного моделирования и выбрать необходимый программный пакет с учетом особенностей исследования; применять основные алгоритмы проведения	ПР-6	экзамен, вопросы 27-35 задание, тип 14 Собеседование (УО-1)

			экспериментальных исследований магнитных свойств для решения экспериментальных задач; выбирать соответствующие способы планирования времени, аудиторного фонда, фонда оборудования для успешной организации экспериментальных исследований.		
			Владеет навыками планирования экспериментальных исследований в области магнетизма; навыками самостоятельного проведения исследовательской работы с помощью метода микромагнитного моделирования; навыками использования методов микромагнитного моделирования для прогнозирования экспериментальных результатов.	ПР-6	экзамен, вопросы 27-35 задание, тип 14 Собеседование (УО-1)
	Зачет			–	ПР-1

* Формы оценочных средств:

1) собеседование (УО-1), коллоквиум (УО-2); доклад, сообщение (УО-3); круглый стол, дискуссия, полемика, диспут, дебаты (УО-4); и т.д.

2) тесты (ПР-1); контрольные работы (ПР-2), эссе (ПР-3), рефераты (ПР-4), курсовые работы (ПР-5), научно-учебные отчеты по практикам (ПР-6); практические задания (ПР-7); портфолио (ПР-8); проект (ПР-9); деловая и/или ролевая игра (ПР-10); ситуационные задачи (ПР-11); рабочая тетрадь (ПР-12); кроссворды (ПР-13) и т.д.

3) тренажер (ТС-1); и т.д.

II. Текущая аттестация по дисциплине «Основы микромагнитного моделирования»

Текущая аттестация студентов по дисциплине «Основы микромагнитного моделирования» проводится в соответствии с локальными нормативными актами ДВФУ и является обязательной.

Текущая аттестация по дисциплине «Основы микромагнитного моделирования» проводится в форме лабораторных занятий и самостоятельных работ, по результатам которых производится оценка результатов обучения студентов. Оценка осуществляется ведущим преподавателем.

Объектами оценивания выступают:

- учебная дисциплина (активность на занятиях, своевременность выполнения различных видов заданий, посещаемость всех видов занятий по аттестуемой дисциплине);
- уровень овладения практическими умениями и навыками по всем видам учебной работы;
- результаты самостоятельной работы.

Оценивание результатов освоения дисциплины на этапе текущей аттестации проводится в соответствии с используемыми оценочными средствами и критериями.

Оценочные средства для текущего контроля

Типовые задания для самостоятельной работы студентов

Тема 1. Вариант 1

Задание 1.1 В **mmSolve2D** получить и сохранить OMF files следующих структур с магнитными параметрами: намагниченность насыщения 1200×10^3 А/м; константа обменного взаимодействия 11×10^{-12} Дж/м; константа одноосной анизотропии 5×10^4 Дж/м³ вдоль оси Оу, константа затухания Гильберта 0,1. Геометрическая форма структур:

- а) квадрат $50 \times 50 \times 20$ нм³, размер ячейки 2 нм;

б) эллипс $100 \times 50 \times 10 \text{ нм}^3$, размер ячейки 1 нм;

в) квадратный массив $[2 \times 2]$ нанодисков диаметром $d=50 \text{ нм}$, толщиной 10 нм, расстояние между центрами дисков $2d$, размер ячейки 1 нм.

Задание 1.2 Для структуры из задания 1.1(a) найти конфигурацию намагниченности, обладающую минимальной энергией в отсутствие внешнего воздействия, задав следующие начальные конфигурации намагниченности: хаотическое распределение намагниченности; однодоменное; вихрь; антивихрь. Сохраните полученные конфигурации (OMF file) и исходную задачу (MIF file), предварительно создав отдельную папку для расчетов.

Задание 1.3 Для структуры, использованной в задании 1.2, провести моделирование кривых намагничивания + петель гистерезиса вдоль направлений Ox и Oy . Начальную конфигурацию задать файлом, используйте состояние с минимальной энергией, определенное во втором задании. Включите автоматическое сохранение скалярных данных и конфигурации намагниченности на каждом шаге. Сохраните исходную задачу (MIF file). Постройте полученные петли.

Задание 1.4 Сконвертируйте исходную задачу из задания 1.3 из кодировки MIF 1.1 в кодировку MIF 2.1

Тема 1. Вариант 2

Задание 1.1 В **mmSolve2D** получить и сохранить OMF files следующих структур с магнитными параметрами: намагниченность насыщения $480 \times 10^3 \text{ А/м}$; константа обменного взаимодействия $9 \times 10^{-12} \text{ Дж/м}$; константа

кубической анизотропии 3×10^3 Дж/м³; константа затухания Гильберта 0,3.
Геометрическая форма структур:

а) нанодиск диаметром 50 нм, толщиной 20 нм, размер ячейки 2 нм;

б) прямоугольник $300 \times 200 \times 10$ нм³, размер ячейки 1 нм;

в) прямоугольный массив $[2 \times 2]$ наноточек квадратной формы со стороной $a=50$ нм, толщиной 10 нм, расстояние между центрами наноточек $2a$, размер ячейки 1 нм.

Задание 1.2 Для структуры из задания 1.1(а) найти конфигурацию намагниченности, обладающую минимальной энергией в отсутствие внешнего воздействия, задав следующие начальные конфигурации намагниченности: хаотическое распределение намагниченности; двухдоменное; четырехдоменное; вихрь. Сохраните полученные конфигурации (OMF file) и исходную задачу (MIF file), предварительно создав отдельную папку для расчетов.

Задание 1.3 Для структуры, использованной в задании 1.2, провести моделирование кривых намагничивания + петель гистерезиса вдоль направлений Ox и Oy . Начальную конфигурацию задать файлом, используйте состояние с минимальной энергией, определенное во втором задании. Включите автоматическое сохранение скалярных данных и конфигурации намагниченности на каждом шаге. Сохраните исходную задачу (MIF file). Постройте полученные петли.

Задание 1.4 Сконвертируйте исходную задачу из задания 1.3 из кодировки MIF 1.1 в кодировку MIF 2.1

Тема 1. Вариант 3

Задание 1.1 В **mmSolve2D** получить и сохранить OMF files следующих структур с магнитными параметрами: намагниченность насыщения 1000×10^3 А/м; константа обменного взаимодействия 15×10^{-12} Дж/м; константа затухания Гильберта 0,5; в структурах имеется только анизотропия формы. Геометрическая форма структур:

- а) прямоугольник $25 \times 100 \times 10$ нм³, размер ячейки 2 нм;
- б) эллипс $300 \times 200 \times 10$ нм³, размер ячейки 1 нм;
- в) ряд из четырех нанодисков диаметром $d=75$ нм, толщиной 5 нм, расстояние между центрами дисков $2d$, размер ячейки 1 нм.

Задание 1.2 Для структуры из задания 1.1(а) найти конфигурацию намагниченности, обладающую минимальной энергией в отсутствие внешнего воздействия, задав следующие начальные конфигурации намагниченности: хаотическое распределение намагниченности; однодоменное; двухдоменное вдоль и поперек длинной стороне. Сохраните полученные конфигурации (OMF file) и исходную задачу (MIF file), предварительно создав отдельную папку для расчетов.

Задание 1.3 Для структуры, использованной в задании 1.2, провести моделирование кривых намагничивания + петель гистерезиса вдоль направлений Ох и Оу. Начальную конфигурацию задать файлом, используйте состояние с минимальной энергией, определенное во втором задании. Включите автоматическое сохранение скалярных данных и конфигурации намагниченности на каждом шаге. Сохраните исходную задачу (MIF file). Постройте полученные петли.

Задание 1.4 Сконвертируйте исходную задачу из задания 1.3 из кодировки MIF 1.1 в кодировку MIF 2.1

Тема 1. Вариант 4

Задание 1.1 В **mmSolve2D** получить и сохранить OMF files следующих структур с магнитными параметрами: намагниченность насыщения 1400×10^3 А/м; константа обменного взаимодействия 30×10^{-12} Дж/м; константа одноосной анизотропии вдоль оси Oх 3×10^3 Дж/м³; константа затухания Гильберта 0,3. Геометрическая форма структур:

- а) нанополоска длиной 250 нм, шириной 10 нм и толщиной 20 нм, размер ячейки 2 нм;
- б) эллипсоид $200 \times 500 \times 10$ нм³, размер ячейки 1 нм;
- в) массив из четырех нанополосок $20 \times 300 \times 10$ нм³, расстояние между центрами полосок 60 нм, размер ячейки 1 нм.

Задание 1.2 Для структуры из задания 1.1(а) найти конфигурацию намагниченности, обладающую минимальной энергией в отсутствие внешнего воздействия, задав следующие начальные конфигурации намагниченности: хаотическое распределение намагниченности; однодоменное; четырехдоменное; вихрь. Сохраните полученные конфигурации (OMF file) и исходную задачу (MIF file), предварительно создав отдельную папку для расчетов.

Задание 1.3 Для структуры, использованной в задании 1.2, провести моделирование кривых намагничивания + петель гистерезиса вдоль

направлений O_x и O_y . Начальную конфигурацию задать файлом, используйте состояние с минимальной энергией, определенное во втором задании. Включите автоматическое сохранение скалярных данных и конфигурации намагниченности на каждом шаге. Сохраните исходную задачу (MIF file). Постройте полученные петли.

Задание 1.4 Сконвертируйте исходную задачу из задания 1.3 из кодировки MIF 1.1 в кодировку MIF 2.1

Тема 1. Вариант 5

Задание 1.1 В **mmSolve2D** получить и сохранить OMF files следующих структур с магнитными параметрами: намагниченность насыщения 800×10^3 А/м; константа обменного взаимодействия 15×10^{-12} Дж/м; константа кубической анизотропии 3×10^3 Дж/м³; константа затухания Гильберта 0,5. Геометрическая форма структур:

- а) эллипс $25 \times 100 \times 5$ нм³, размер ячейки 2 нм;
- б) параллелепипед $100 \times 200 \times 50$ нм³, размер ячейки 1 нм;
- в) квадратный массив $[3 \times 2]$ наноточек треугольной формы (равносторонний треугольник со стороной $a=50$ нм), расстояние между центрами $2a$, размер ячейки 1 нм.

Задание 1.2 Для структуры из задания 1.1(а) найти конфигурацию намагниченности, обладающую минимальной энергией в отсутствие внешнего воздействия, задав следующие начальные конфигурации намагниченности: хаотическое распределение намагниченности; однодоменное; вихрь; антивихрь. Сохраните полученные конфигурации (OMF file) и исходную задачу (MIF file), предварительно создав отдельную папку для расчетов.

Задание 1.3 Для структуры, использованной в задании 1.2, провести моделирование кривых намагничивания + петель гистерезиса вдоль направлений Ox и Oy . Начальную конфигурацию задать файлом, используйте состояние с минимальной энергией, определенное во втором задании. Включите автоматическое сохранение скалярных данных и конфигурации намагниченности на каждом шаге. Сохраните исходную задачу (MIF file). Постройте полученные петли.

Задание 1.4 Сконвертируйте исходную задачу из задания 1.3 из кодировки MIF 1.1 в кодировку MIF 2.1

Тема 1. Вариант 6

Задание 1.1 В **mmSolve2D** получить и сохранить OMF files следующих структур с магнитными параметрами: намагниченность насыщения 1000×10^3 А/м; константа обменного взаимодействия 18×10^{-12} Дж/м; константа одноосной анизотропии вдоль Oy 5×10^5 Дж/м³; константа затухания Гильберта 0,2. Геометрическая форма структур:

- а) параллелепипед $100 \times 25 \times 10$ нм³, размер ячейки 2 нм;
- б) круглый нанодиск диаметром 200 нм и толщиной 30 нм, размер ячейки 1 нм;
- в) кольцо диаметром 300 нм, толщиной 20, диаметр круглого отверстия 50 нм, размер ячейки 1 нм.

Задание 1.2 Для структуры из задания 1.1(а) найти конфигурацию намагниченности, обладающую минимальной энергией в отсутствие

внешнего воздействия, задав следующие начальные конфигурации намагниченности: хаотическое распределение намагниченности; однодоменное; двухдоменное; четырехдоменное. Сохраните полученные конфигурации (OMF file) и исходную задачу (MIF file), предварительно создав отдельную папку для расчетов.

Задание 1.3 Для структуры, использованной в задании 1.2, провести моделирование кривых намагничивания + петель гистерезиса вдоль направлений Ox и Oy . Начальную конфигурацию задать файлом, используйте состояние с минимальной энергией, определенное во втором задании. Включите автоматическое сохранение скалярных данных и конфигурации намагниченности на каждом шаге. Сохраните исходную задачу (MIF file). Постройте полученные петли.

Задание 1.4 Сконвертируйте исходную задачу из задания 1.3 из кодировки MIF 1.1 в кодировку MIF 2.1

Тема 1. Вариант 7

Задание 1.1 В **mmSolve2D** получить и сохранить OMF files следующих структур с магнитными параметрами: намагниченность насыщения 1050×10^3 А/м; константа обменного взаимодействия 30×10^{-12} Дж/м; константа затухания Гильберта 0,1; в структурах имеется только анизотропия формы. Геометрическая форма структур:

- а) прямоугольник с усеченными углами $80 \times 30 \times 10$ нм³, размер ячейки 2 нм;
- б) прямоугольный крест длиной 400 нм, шириной 30 нм, толщиной 5 нм, размер ячейки 1 нм;

в) кольцо диаметром 300 нм, толщиной 20 нм, в центре отверстие квадратной формы со стороной $a=50$ нм, размер ячейки 1 нм.

Задание 1.2 Для структуры из задания 1.1(a) найти конфигурацию намагниченности, обладающую минимальной энергией в отсутствие внешнего воздействия, задав следующие начальные конфигурации намагниченности: хаотическое распределение намагниченности; однодоменное; двухдоменное; вихрь. Сохраните полученные конфигурации (OMF file) и исходную задачу (MIF file), предварительно создав отдельную папку для расчетов.

Задание 1.3 Для структуры, использованной в задании 1.2, провести моделирование кривых намагничивания + петель гистерезиса вдоль направлений Ox и Oy . Начальную конфигурацию задать файлом, используйте состояние с минимальной энергией, определенное во втором задании. Включите автоматическое сохранение скалярных данных и конфигурации намагниченности на каждом шаге. Сохраните исходную задачу (MIF file). Постройте полученные петли.

Задание 1.4 Сконвертируйте исходную задачу из задания 1.3 из кодировки MIF 1.1 в кодировку MIF 2.1

Тема 1. Вариант 8

Задание 1.1 В **mmSolve2D** получить и сохранить OMF files следующих структур с магнитными параметрами: намагниченность насыщения 1300×10^3 А/м; константа обменного взаимодействия 8×10^{-12} Дж/м; константа

одноосной анизотропии вдоль Ox 5×10^3 Дж/м³; константа затухания Гильберта 0,3. Геометрическая форма структур:

- а) равносторонний треугольник со стороной 50 нм, размер ячейки 2 нм;
- б) нанополоска длиной 350 нм, шириной 10 нм, толщиной 15 нм, размер ячейки 1 нм;
- в) вертикальный массив из четырех равносторонних треугольников со стороной 50 нм расстояние между центрами 100 нм, размер ячейки 1 нм.

Задание 1.2 Для структуры из задания 1.1(а) найти конфигурацию намагниченности, обладающую минимальной энергией в отсутствие внешнего воздействия, задав следующие начальные конфигурации намагниченности: хаотическое распределение намагниченности; однодоменное; вихрь; антивихрь. Сохраните полученные конфигурации (OMF file) и исходную задачу (MIF file), предварительно создав отдельную папку для расчетов.

Задание 1.3 Для структуры, использованной в задании 1.2, провести моделирование кривых намагничивания + петель гистерезиса вдоль направлений Ox и Oy . Начальную конфигурацию задать файлом, используйте состояние с минимальной энергией, определенное во втором задании. Включите автоматическое сохранение скалярных данных и конфигурации намагниченности на каждом шаге. Сохраните исходную задачу (MIF file). Постройте полученные петли.

Тема 2. Вариант 1

Задание 2.1 Напишите код исходной задачи в формате MIF 2.1 для задания геометрии трехмерных объектов со следующими магнитными параметрами:

намагниченностью насыщения 1200×10^3 А/м; константой обменного взаимодействия 11×10^{-12} Дж/м. Полученный код необходимо запустить в **Oxsii** и сохранить OMF files полученных структур. Геометрические параметры структур:

а) куб со стороной 150 нм. Размер ячейки $2 \times 2 \times 2$ нм³.

б) участок многослойной пленки размером 400×400 нм², размер ячейки в плоскости 2 нм, состоящей из 4 ферромагнитных слоев толщиной 8 нм, разделенных немагнитными прослойками по 4 нм;

в) треугольная призма, в основании которой лежит равносторонний треугольник со стороной 150 нм, высота призмы 50 нм. Размер ячейки разбиения $2 \times 2 \times 10$ нм³.

Тема 2. Вариант 2

Задание 2.1 Напишите код исходной задачи в формате MIF 2.1 для задания геометрии трехмерных объектов со следующими магнитными параметрами: намагниченностью насыщения 480×10^3 А/м; длина ферромагнитной корреляции 8 нм. Полученный код необходимо запустить в **Oxsii** и сохранить OMF files полученных структур. Геометрические параметры структур:

а) прямоугольный параллелепипед $150 \times 300 \times 200$ нм³. Размер ячейки $2 \times 2 \times 2$ нм³.

б) двухслойный нанодиск диаметром 250 нм, размер ячейки в плоскости 2×2 нм, толщина каждого слоя 10 нм;

в) пятиугольная призма, вписанная в окружность диаметром 300 нм, высота призмы 100 нм. Размер ячейки разбиения $2 \times 2 \times 20$ нм³.

Тема 2. Вариант 3

Задание 2.1 Напишите код исходной задачи в формате MIF 2.1 для задания геометрии трехмерных объектов со следующими магнитными параметрами: намагниченностью насыщения 1400×10^3 А/м; константой обменного взаимодействия 9×10^{-12} Дж/м. Полученный код необходимо запустить в **Oxsii** и сохранить OMF files полученных структур. Геометрические параметры структур:

- а) эллипсоид $300 \times 200 \times 10$ нм³. Размер ячейки разбиения $1 \times 1 \times 1$ нм³.
- б) двухслойная структура, состоящая из двух нанодисков диаметрами 200 нм и 100 нм, верхний диск смещен из центра нижнего на 50 нм. Размер ячейки в плоскости 1×1 нм, толщина каждого слоя 10 нм;
- в) надпись OOMMF, вписанная в прямоугольник 250×50 нм³. Ячейка $1 \times 1 \times 5$ нм³.

Тема 2. Вариант 4

Задание 2.1 Напишите код исходной задачи в формате MIF 2.1 для задания геометрии трехмерных объектов со следующими магнитными параметрами: намагниченностью насыщения 800×10^3 А/м; длина ферромагнитной корреляции 9 нм. Полученный код необходимо запустить в **Oxsii** и сохранить OMF files полученных структур. Геометрические параметры структур:

- а) эллипс 300×200 нм². Размер ячейки в плоскости 2×2 нм².

б) трехслойная структура, состоящая из двух ферромагнитных нанодисков диаметрами 300 нм и 200 нм и толщиной 10 нм, разделенных немагнитной прослойкой 5 нм. Размер ячейки в плоскости 1×1 нм.

в) овальная призма, вписанная в прямоугольник 300×200 нм³, высота призмы 90 нм. Размер ячейки разбиения $2 \times 2 \times 10$ нм³.

Тема 2. Вариант 5

Задание 2.1 Напишите код исходной задачи в формате MIF 2.1 для задания геометрии трехмерных объектов со следующими магнитными параметрами: намагниченностью насыщения 480×10^3 А/м; константой обменного взаимодействия 25×10^{-12} Дж/м. Полученный код необходимо запустить в **Oxsii** и сохранить OMF files полученных структур. Геометрические параметры структур:

а) сферу диаметром 300 нм. Размер ячейки $2 \times 2 \times 2$ нм³.

б) массив из четырех нанополосок $10 \times 50 \times 2$ нм³. Направление трансляции Ox , расстояние между центрами нанополосок 20 нм. Размер ячейки разбиения $2 \times 2 \times 2$ нм³.

в) надпись NANO, вписанная в прямоугольник 400×90 нм³. Ячейка $2 \times 2 \times 5$ нм³.

Тема 2. Вариант 6

Задание 2.1 Напишите код исходной задачи в формате MIF 2.1 для задания геометрии трехмерных объектов со следующими магнитными параметрами:

намагниченностью насыщения 580×10^3 А/м; константой обменного взаимодействия 16×10^{-12} Дж/м. Полученный код необходимо запустить в **Oxsii** и сохранить OMF files полученных структур. Геометрические параметры структур:

- а) сферу диаметром 300 нм. Размер ячейки $2 \times 2 \times 2$ нм³.
- б) нанокольцо диаметром 300 нм, диаметр отверстия 150 нм, толщина 20 нм. Размер ячейки разбиения $2 \times 2 \times 2$ нм³.
- в) треугольная призма, в основании которой лежит прямоугольный треугольник (длина катетов 100 нм и 200 нм), высота призмы 50 нм. Размер ячейки разбиения $2 \times 2 \times 10$ нм³.

Тема 2. Вариант 7

Задание 2.1 Напишите код исходной задачи в формате MIF 2.1 для задания геометрии трехмерных объектов со следующими магнитными параметрами: намагниченностью насыщения 1580×10^3 А/м; длина ферромагнитной корреляции 7 нм. Полученный код необходимо запустить в **Oxsii** и сохранить OMF files полученных структур. Геометрические параметры структур:

- а) прямоугольный параллелепипед $300 \times 200 \times 100$ нм³. Размер ячейки $2 \times 2 \times 2$ нм³.
- б) квадратный массив $[2 \times 2]$ нанодисков диаметром $d=50$ нм, толщиной 10 нм, расстояние между центрами дисков $2d$. Размер ячейки разбиения $1 \times 1 \times 10$ нм³.
- в) треугольная призма, в основании которой лежит прямоугольный треугольник (длина катетов 100 нм и 200 нм), высота призмы 50 нм. Размер ячейки разбиения $2 \times 2 \times 10$ нм³.

Тема 2. Вариант 8

Задание 2.1 Напишите код исходной задачи в формате MIF 2.1 для задания геометрии трехмерных объектов со следующими магнитными параметрами: намагниченностью насыщения 900×10^3 А/м; константой обменного взаимодействия 30×10^{-12} Дж/м. Полученный код необходимо запустить в **Oxsii** и сохранить OMF files полученных структур. Геометрические параметры структур:

- а) эллипсоид вращения $100 \times 150 \times 100$ нм³. Размер ячейки $2 \times 2 \times 2$ нм³.
- б) массив из 4 нанодисков диаметром $d=100$ нм, толщиной 10 нм. Направление трансляции Оу, расстояние между центрами дисков $2d$. Размер ячейки разбиения $2 \times 2 \times 10$ нм³.
- в) надпись Modeling, вписанная в прямоугольник 450×50 нм³. Ячейка $1 \times 1 \times 5$ нм³.

Тема 3. Вариант 1

Задание 3.1 Напишите код исходной задачи в формате MIF 2.1 для задания геометрии трехмерных объектов, используя **ScriptAtlas**, со следующими магнитными параметрами: намагниченностью насыщения 480×10^3 А/м; константой обменного взаимодействия 10×10^{-12} Дж/м. Полученный код необходимо запустить в **Oxsii** и сохранить OMF files полученных структур. Геометрические параметры структур:

- а) цилиндр диаметром 100 нм и высотой 50 нм с квадратным отверстием в центре, сторона квадрата 30 нм. Размер ячейки $1 \times 1 \times 1$ нм³.
- б) сферу диаметром 150 нм с отверстием конусной формы, выходящим из центра. Размер ячейки $2 \times 2 \times 2$ нм³;

в) структуру диск на диске, толщины дисков 10 нм, диаметры 200 нм и 100 нм, верхний диск смещен на 50 нм и центра нижнего. Размер ячейки $1 \times 1 \times 10$ нм³.

Тема 3. Вариант 2

Задание 3.1 Напишите код исходной задачи в формате MIF 2.1 для задания геометрии трехмерных объектов, используя **ScriptAtlas**, со следующими магнитными параметрами: намагниченностью насыщения 1400×10^3 А/м; длина ферромагнитной корреляции 6 нм. Полученный код необходимо запустить в **Oxsi** и сохранить OMF files полученных структур. Геометрические параметры структур:

а) кольцо толщиной 20 нм, диаметры внешний – 200 нм, внутренний – 150 нм. Размер ячейки $1 \times 1 \times 10$ нм³.

б) двухслойный нанодиск диаметром 250 нм, размер ячейки в плоскости 2×2 нм, толщина каждого слоя 10 нм;

в) квадратный массив из 4х нанодисков $d=50$ нм и толщиной 10 нм, расстояние между центрами дисков $2d$. Размер ячейки разбиения $1 \times 1 \times 20$ нм³.

Тема 3. Вариант 3

Задание 3.1 Напишите код исходной задачи в формате MIF 2.1 для задания геометрии трехмерных объектов, используя **ScriptAtlas**, со следующими магнитными параметрами: намагниченностью насыщения 1400×10^3 А/м; константой обменного взаимодействия 9×10^{-12} Дж/м. Полученный код необходимо запустить в **Oxsi** и сохранить OMF files полученных структур. Геометрические параметры структур:

а) эллипсоид вращения $100 \times 500 \times 40$ нм³. Размер ячейки разбиения $1 \times 1 \times 1$ нм³.

б) участок пленки $300 \times 300 \text{ нм}^2$ с нанопорами квадратной формы (сторона квадрата $a=100 \text{ нм}$), упакованными в квадратный массив на расстоянии $2a$ между центрами, толщина пленки 10 нм ; Размер ячейки разбиения $4 \times 4 \times 10 \text{ нм}^3$.

в) овальная призма, вписанная в прямоугольник $200 \times 100 \text{ нм}^2$, высота призмы 90 нм . Размер ячейки разбиения $2 \times 2 \times 10 \text{ нм}^3$.

Тема 3. Вариант 4

Задание 3.1 Напишите код исходной задачи в формате MIF 2.1 для задания геометрии трехмерных объектов, используя **ScriptAtlas**, со следующими магнитными параметрами: намагниченностью насыщения $800 \times 10^3 \text{ А/м}$; длина ферромагнитной корреляции 9 нм . Полученный код необходимо запустить в **Oxsi** и сохранить OMF files полученных структур. Геометрические параметры структур:

а) призма в основании, которой лежит равносторонний треугольник со стороной 50 нм . Высота призмы 20 нм . Размер ячейки разбиения $1 \times 1 \times 10 \text{ нм}^3$.

б) сфера радиусом 75 нм , в центре которой находится пора квадратной формы (сторона квадрата 40 нм). Размер ячейки разбиения $1 \times 1 \times 1 \text{ нм}^3$.

в) массив из 4х наноплосок размером $10 \times 50 \text{ нм}^2$, толщиной 10 нм . Расстояние между центрами соседних нанополосок 40 нм . Размер ячейки разбиения $2 \times 2 \times 10 \text{ нм}^3$.

Тема 3. Вариант 5

Задание 3.1 Напишите код исходной задачи в формате MIF 2.1 для задания геометрии трехмерных объектов, используя **ScriptAtlas**, со следующими магнитными параметрами: намагниченностью насыщения $1000 \times 10^3 \text{ А/м}$;

длина ферромагнитной корреляции 7 нм. Полученный код необходимо запустить в **Oxsii** и сохранить OMF files полученных структур. Геометрические параметры структур:

а) прямоугольный крест длиной 100 нм, ширина нанополосок 20 нм, толщина 10 нм. Размер ячейки разбиения $1 \times 1 \times 10 \text{ нм}^3$.

б) сферическая наночастица core-shell диаметром 90 нм, толщина оболочки 20 нм. Размер ячейки разбиения $1 \times 1 \times 1 \text{ нм}^3$. Намагниченность насыщения в оболочке в 2 раза ниже.

в) массив из 4х нанодисков, упорядоченных в сточку, с диаметром 50 нм^3 , толщиной 10 нм. Расстояние между центрами соседних нанодисков 100 нм. Размер ячейки разбиения $2 \times 2 \times 10 \text{ нм}^3$.

Тема 3. Вариант 6

Задание 3.1 Напишите код исходной задачи в формате MIF 2.1 для задания геометрии трехмерных объектов, используя **ScriptAtlas**, со следующими магнитными параметрами: намагниченностью насыщения $1050 \times 10^3 \text{ А/м}$; константой обменного взаимодействия $20 \times 10^{-12} \text{ Дж/м}$. Полученный код необходимо запустить в **Oxsii** и сохранить OMF files полученных структур. Геометрические параметры структур:

а) призма в основании, которой лежит прямоугольный треугольник с катетами, $100 \times 200 \text{ нм}^2$. Высота призмы 100 нм. Размер ячейки разбиения $2 \times 2 \times 10 \text{ нм}^3$.

б) цилиндр в основании, которого эллипс $100 \times 50 \text{ нм}$ и высотой 50 нм с квадратным отверстием в центре, сторона квадрата 20 нм. Размер ячейки $1 \times 1 \times 1 \text{ нм}^3$.

в) двухслойную структуру, состоящую из диска (диаметр 200 нм), на которой расположен прямоугольник $50 \times 100 \text{ нм}^2$, толщины слоев 10 нм. Размер ячейки $1 \times 1 \times 10 \text{ нм}^3$.

Тема 3. Вариант 7

Задание 3.1 Напишите код исходной задачи в формате MIF 2.1 для задания геометрии трехмерных объектов, используя **ScriptAtlas**, со следующими магнитными параметрами: намагниченностью насыщения $800 \times 10^3 \text{ А/м}$; длина ферромагнитной корреляции 8 нм. Полученный код необходимо запустить в **Oxsi** и сохранить OMF files полученных структур. Геометрические параметры структур:

а) куб со стороной 100 нм с отверстием конусной формы, выходящим из центра. Размер ячейки $2 \times 2 \times 2 \text{ нм}^3$;

б) пирамиду в основании, которой лежит квадрат $90 \times 90 \text{ нм}^2$. Высота призмы 100 нм. Размер ячейки $2 \times 2 \times 2 \text{ нм}^3$.

в) массив из 4х нанопловолок диаметром 40 нм, длиной 100 нм, упакованных в квадратный массив с расстоянием между центрами 100 нм. Размер ячейки $1 \times 1 \times 10 \text{ нм}^3$.

Тема 3. Вариант 8

Задание 3.1 Напишите код исходной задачи в формате MIF 2.1 для задания геометрии трехмерных объектов, используя **ScriptAtlas**, со следующими магнитными параметрами: намагниченностью насыщения $950 \times 10^3 \text{ А/м}$; длина ферромагнитной корреляции 5 нм. Полученный код необходимо запустить в **Oxsi** и сохранить OMF files полученных структур. Геометрические параметры структур:

а) участок пятислойной пленки $500 \times 500 \text{ нм}^2$, структура ФМ/НМ/ФМ/НМ/ФМ (где ФМ-ферромагнитный слой, НМ-немагнитный слой). 5 нм толщина ФМ слоя, 2.5 нм толщина НМ слоя;

б) конус в основании, которой лежит овал $200 \times 90 \text{ нм}^2$. Высота конуса 100 нм
Размер ячейки $2 \times 2 \times 2 \text{ нм}^3$.

в) структуру диск на диске, толщину дисков 5 нм, диаметры 150 нм и 50 нм, верхний диск смещен на 50 нм и центра нижнего. Размер ячейки $1 \times 1 \times 5 \text{ нм}^3$.

Тема 4. Вариант 1

Задание 4.1 Напишите код исходной задачи в формате MIF 2.1 для задания наноструктуры со следующими магнитными параметрами: намагниченностью насыщения $480 \times 10^3 \text{ А/м}$; константой обменного взаимодействия $10 \times 10^{-12} \text{ Дж/м}$. Геометрия структуры диск на диске, толщину дисков 10 нм, диаметры 200 нм и 100 нм, верхний диск смещен на 50 нм и центра нижнего. Размер ячейки $1 \times 1 \times 10 \text{ нм}^3$. Необходимо задать следующие начальные конфигурации намагниченности и сохранить OMF files полученных структур:

а) в верхнем диске однодоменное состояние, в нижнем вихрь;

б) в верхнем диске двухдоменное состояние, в нижнем четырехдоменное;

в) в верхнем 2D хаотическое распределение в нижнем двухдоменное.

Тема 4. Вариант 2

Задание 4.1 Напишите код исходной задачи в формате MIF 2.1 для задания наноструктуры со следующими магнитными параметрами: намагниченностью насыщения $1400 \times 10^3 \text{ А/м}$; длина ферромагнитной корреляции 6 нм. Геометрия структуры квадратный массив из 4х нанодисков

$d=50$ нм и толщиной 10 нм, расстояние между центрами дисков $2d$. Размер ячейки разбиения $1 \times 1 \times 10$ нм³. Необходимо задать следующие начальные конфигурации намагниченности и сохранить OMF files полученных структур:

а) в каждом диске однодоменное состояние $\uparrow \rightarrow \downarrow \leftarrow$;

б) в каждом диске вихрь;

в) хаотическое распределение.

Тема 4. Вариант 3

Задание 4.1 Напишите код исходной задачи в формате MIF 2.1 для задания core-shell частицы сферической формы радиусом 75 нм, толщина оболочки 20 нм, со следующими магнитными параметрами: намагниченностью насыщения 1200×10^3 А/м и 900×10^3 А/м для оболочки; константой обменного взаимодействия 9×10^{-12} Дж/м. Размер ячейки разбиения $1 \times 1 \times 1$ нм³. Необходимо задать следующие начальные конфигурации намагниченности и сохранить OMF files полученных структур:

а) в центре однодоменное \rightarrow , в оболочке однодоменное \leftarrow ;

б) в центре вихрь, оболочка насыщена по оси Oz;

в) в центре двухдоменное состояние, в оболочке хаотическое распределение.

Тема 4. Вариант 4

Задание 4.1 Напишите код исходной задачи в формате MIF 2.1 для задания наноструктуры со следующими магнитными параметрами: намагниченностью насыщения 800×10^3 А/м; длина ферромагнитной корреляции 9 нм. Геометрия структуры массив из 4х нанополосок размером 10×50 нм³, толщиной 10 нм. Расстояние между центрами соседних

нанополосок 40 нм. Размер ячейки разбиения $2 \times 2 \times 10 \text{ нм}^3$. Необходимо задать следующие начальные конфигурации намагниченности и сохранить OMF files полученных структур:

- а) в каждой полоске однодоменное состояние $\uparrow \downarrow \uparrow \downarrow$;
- б) в каждой полоске двухдоменное;
- в) хаотическое распределение.

Тема 4. Вариант 5

Задание 4.1 Напишите код исходной задачи в формате MIF 2.1 для задания наноструктуры со следующими магнитными параметрами: намагниченностью насыщения $980 \times 10^3 \text{ А/м}$; константой обменного взаимодействия $12 \times 10^{-12} \text{ Дж/м}$. Геометрия структуры диск, на поверхности которого расположена наноструктура квадратной формы, толщины каждого слоя 10 нм, диаметр диска 200 нм, сторона квадрата 90 нм. Размер ячейки $1 \times 1 \times 10 \text{ нм}^3$. Необходимо задать следующие начальные конфигурации намагниченности и сохранить OMF files полученных структур:

- а) в верхнем слое однодоменное состояние, в нижнем вихрь;
- б) в верхнем слое четырехдоменное состояние, в нижнем двухдоменное;
- в) в верхнем слое 2D хаотическое распределение, в нижнем 3D хаотическое распределение.

Тема 4. Вариант 6

Задание 4.1 Напишите код исходной задачи в формате MIF 2.1 для задания наноструктуры со следующими магнитными параметрами: намагниченностью насыщения $1000 \times 10^3 \text{ А/м}$; длина ферромагнитной корреляции 8 нм. Геометрия структуры квадратный массив из 3х наноструктур квадратной формы. Сторона квадрата $d=50 \text{ нм}$, толщиной

10 нм, расстояние между центрами $2d$. Размер ячейки разбиения $1 \times 1 \times 10 \text{ нм}^3$. Необходимо задать следующие начальные конфигурации намагниченности и сохранить OMF files полученных структур:

- а) в каждой наноструктуре однодоменное состояние $\rightarrow \downarrow \leftarrow$;
- б) в каждой наноструктуре вихрь;
- в) хаотическое распределение.

Тема 4. Вариант 7

Задание 4.1 Напишите код исходной задачи в формате MIF 2.1 для задания core-shell частицы кубической формы, сторона куба 100 нм, толщина оболочки 20 нм, со следующими магнитными параметрами: намагниченностью насыщения $800 \times 10^3 \text{ А/м}$ и $400 \times 10^3 \text{ А/м}$ для оболочки; константой обменного взаимодействия $9 \times 10^{-12} \text{ Дж/м}$. Размер ячейки разбиения $1 \times 1 \times 1 \text{ нм}^3$. Необходимо задать следующие начальные конфигурации намагниченности и сохранить OMF files полученных структур:

- а) в центре 2D хаотическое распределение, в оболочке 3D хаотическое распределение;
- б) в центре двухдоменное состояние, оболочка насыщена по оси Ox ;
- в) в центре однодоменное состояние \downarrow , в оболочке \uparrow .

Тема 4. Вариант 8

Задание 4.1 Напишите код исходной задачи в формате MIF 2.1 для задания наноструктуры со следующими магнитными параметрами: намагниченностью насыщения 800×10^3 А/м; длина ферромагнитной корреляции 9 нм. Геометрия структуры массив из 4х нанопроволок диаметром 30 нм^3 , длиной 80 нм. Расстояние между центрами соседних нанопроволок 40 нм. Размер ячейки разбиения $1 \times 1 \times 20 \text{ нм}^3$. Необходимо задать следующие начальные конфигурации намагниченности и сохранить OMF files полученных структур:

- а) в каждой проволоке однодоменное состояние $\uparrow \downarrow \uparrow \downarrow$;
- б) в каждой проволоке вихрь;
- в) хаотическое распределение.

Тема 5. Вариант 1

Задание 5.1 Напишите код исходной задачи в формате MIF 2.1 для задания наноструктуры со следующими магнитными параметрами: намагниченностью насыщения 1400×10^3 А/м; константой обменного взаимодействия 30×10^{-12} Дж/м; кубической анизотропией [1 0 0] и $K_1 = 5 \times 10^5$ Дж/м³. Геометрия структуры диск толщиной 10 нм, диаметр 80 нм. Размер ячейки $1 \times 1 \times 10 \text{ нм}^3$. Провести симуляцию следующих процессов:

- а) намагничивание из Random state;
- б) петли гистерезиса в двух направлениях параллельно и перпендикулярно плоскости;
- в) показать поведение ядра вихря во вращающемся поле 60 Э.

Тема 5. Вариант 2

Задание 5.1 Напишите код исходной задачи в формате MIF 2.1 для задания наноструктуры со следующими магнитными параметрами: намагниченностью насыщения 1000×10^3 А/м; константой обменного взаимодействия 10×10^{-12} Дж/м; одноосной анизотропией [1 0 0] и $K_1 = 4 \times 10^4$ Дж/м³. Квадратная наноструктура со стороной 70 нм и толщиной 10 нм. Размер ячейки $1 \times 1 \times 10$ нм³. Провести симуляцию следующих процессов:

- а) намагничивание из Random state;
- б) петли гистерезиса в двух направлениях параллельно и перпендикулярно легкой оси;
- в) показать поведение ядра вихря во вращающемся поле 40 Э.

Тема 5. Вариант 3

Задание 5.1 Напишите код исходной задачи в формате MIF 2.1 для задания наноструктуры со следующими магнитными параметрами: намагниченностью насыщения 580×10^3 А/м; длиной ферромагнитной корреляции 10 нм; одноосной анизотропией [0 1 0] и $K_1 = 2 \times 10^5$ Дж/м³. Прямоугольная наноструктура 20×90 нм² и толщиной 10 нм. Размер ячейки $1 \times 1 \times 10$ нм³. Провести симуляцию следующих процессов:

- а) намагничивание из Random state;
- б) петли гистерезиса в двух направлениях параллельно и перпендикулярно длинной стороне;
- в) задать двухдоменное состояние и показать поведение доменной стенки во вращающемся поле 50 Э.

Тема 5. Вариант 4

Задание 5.4 Напишите код исходной задачи в формате MIF 2.1 для задания наноструктуры со следующими магнитными параметрами: намагниченностью насыщения 1220×10^3 А/м; константой обменного взаимодействия 15×10^{-12} Дж/м; одноосной анизотропией [1 0 0] и $K_1 = 3 \times 10^3$ Дж/м³. Прямоугольная наноструктура 30×70 нм² и толщиной 10 нм. Размер ячейки $1 \times 1 \times 10$ нм³. Провести симуляцию следующих процессов:

- а) намагничивание из Random state;
- б) петли гистерезиса в двух направлениях параллельно и перпендикулярно длинной стороне;
- в) задать двухдоменное состояние и показать поведение доменной стенки во вращающемся поле 50 Э.

Тема 5. Вариант 5

Задание 5.1 Напишите код исходной задачи в формате MIF 2.1 для задания наноструктуры со следующими магнитными параметрами: намагниченностью насыщения 900×10^3 А/м; длиной ферромагнитной корреляции 11 нм; кубической анизотропией [1 0 0] и $K_1 = 3 \times 10^3$ Дж/м³. Наноструктура равностороннего треугольника со стороной 50 нм и толщиной 10 нм. Размер ячейки $1 \times 1 \times 10$ нм³. Провести симуляцию следующих процессов:

- а) намагничивание из Random state;
- б) петли гистерезиса в двух направлениях параллельно и перпендикулярно плоскости;
- в) показать поведение ядра вихря во вращающемся поле 60 Э.

Тема 5. Вариант 6

Задание 5.1 Напишите код исходной задачи в формате MIF 2.1 для задания наноструктуры со следующими магнитными параметрами: намагниченностью насыщения 480×10^3 А/м; константой обменного взаимодействия 12×10^{-12} Дж/м; одноосной анизотропией [0 1 0] и $K_1 = 2 \times 10^4$ Дж/м³. Овальная наноструктура 70×40 нм² и толщиной 10 нм. Размер ячейки $1 \times 1 \times 10$ нм³. Провести симуляцию следующих процессов:

- а) намагничивание из Random state;
- б) петли гистерезиса в двух направлениях параллельно и перпендикулярно легкой оси;
- в) показать поведение ядра вихря во вращающемся поле 50 Э.

Тема 5. Вариант 7

Задание 5.1 Напишите код исходной задачи в формате MIF 2.1 для задания наноструктуры со следующими магнитными параметрами: намагниченностью насыщения 1000×10^3 А/м; длиной ферромагнитной корреляции 5 нм; одноосной анизотропией [0 0 1] и $K_1 = 3 \times 10^3$ Дж/м³. Нанопроволока диаметром 30 нм и длиной 90 нм. Размер ячейки $1 \times 1 \times 5$ нм³. Провести симуляцию следующих процессов:

- а) намагничивание из Random state;
- б) петли гистерезиса в двух направлениях параллельно и перпендикулярно длинной стороне;
- в) задать двухдоменное состояние и показать поведение доменной стенки во вращающемся поле 100 Э.

Тема 5. Вариант 8

Задание 5.1 Напишите код исходной задачи в формате MIF 2.1 для задания наноструктуры со следующими магнитными параметрами:

намагниченностью насыщения 800×10^3 А/м; константой обменного взаимодействия 9×10^{-12} Дж/м; одноосной анизотропией [1 0 0] и $K_1 = 1 \times 10^5$ Дж/м³. Нанокольцо внешний диаметр 150 нм, внутренний 100 нм и толщиной 10 нм. Размер ячейки $1 \times 1 \times 10$ нм³. Провести симуляцию следующих процессов:

- а) намагничивание из Random state;
- б) петли гистерезиса в двух направлениях параллельно и перпендикулярно плоскости;
- в) задать двухдоменное состояние и показать поведение доменных стенок во вращающемся поле 100 Э.

Требования к представлению и оцениванию материалов (результатов): ответы должны отличаться достаточным объемом знаний, глубиной и полнотой раскрытия темы, логической последовательностью, четкостью выражения мыслей и обоснованностью выводов, характеризующих знание литературных источников, понятийно-терминологического аппарата, нормативно-правовых актов, умение ими пользоваться при ответе.

1. Задания на курсовую работу

Основной целью курсового проектирования является приобретение навыков проведения самостоятельного исследования магнитных свойств методом микромагнитного моделирования, анализа полученных результатов на эксперименте и моделировании, работа со справочной литературой.

Задание на курсовой проект содержит три задачи, согласно индивидуальной теме. Выбор темы определяется либо студентом совместно с научным руководителем, согласно тематике Выпускной квалификационной работы (ВКР), либо формулируется преподавателем дисциплины, если тематика ВКР не связана с данным курсом.

Задача 1

Произвести анализ литературы на выбранную тему курсового проекта. Установить основные достижения по исследованию данного вопроса, а также описать методы получения конкретных результатов. Обозначить актуальность проведения самостоятельного исследования с использованием метода микромагнитного моделирования. Выявить перечень вопросов, на которые может ответить данное исследование. Сформулировать цель курсового проекта и перечень задач, которые необходимо выполнить для достижения поставленной цели.

Задача 2

Описать теоретические основы микромагнитного подхода, основные возможности метода микромагнитного моделирования для исследования ферромагнитных объектов. Также провести программного обеспечения, используемого в курсовом проекте. Список использованных блоков в OOMMF для создания модели объекта исследования, а также описание синтаксиса и пунктуации каждого конкретного блока при написании исходного кода задачи. Если моделирование основывалось на данных из эксперимента, также нужно привести краткое описание методов которыми были получены экспериментальные результаты.

Задача 3

Описание конкретного объекта исследования согласно тематике курсовой работы. Если моделирование проводилось на основе экспериментальных данных, необходимо привести результаты эксперимента. Провести анализ экспериментальных результатов и рассчитать магнитные

параметры объекта исследований. При отсутствии экспериментальных данных по ряду магнитных параметров, провести анализ литературы по исследованию данных свойств подобных систем. На основании описанных магнитных и геометрических параметров сформировать исходных код для моделирования данного объекта. Провести симуляцию процессов для выполнения перечня задач, определенных в начале исследования. Сделать анализ полученных результатов, сформулировать основные результаты и выводы.

Отчет по курсовому проекту должен содержать:

- титульный лист;
- содержание;
- цель работы и задачи курсового проекта;
- обзор литературы;
- описание микромагнитного подхода;
- описание параметров объекта исследования;
- расчет с использованием микромагнитного моделирования;
- выводы по произведенным расчетам;
- список использованной литературы.

Отчет выполняется согласно требованиям ГОСТ 2.105-95 на одной стороне листа формата А4 (210 x 197 мм). Текст отчета по курсовому проекту должен состоять из разделов, снабженных заголовками в соответствии с содержанием. В тексте отчета указываются ссылки на литературу..

III. Промежуточная аттестация по дисциплине

«Основы микромагнитного моделирования»

Промежуточная аттестация студентов по дисциплине «Основы микромагнитного моделирования» проводится в соответствии с локальными нормативными актами ДВФУ и является обязательной.

Оценочные средства для промежуточного контроля (зачет)

Вопросы к экзамену

1. Основные типы упорядочения магнетиков. Источник магнитного момента атома. Критерий ферромагнетизма.
2. Обменное взаимодействие. Энергия обменного взаимодействия.
3. Магнитная кристаллографическая анизотропия. Энергия кристаллографической анизотропии различных кристаллов.
4. Наведенная магнитная анизотропии. Энергия наведенной анизотропии.
5. Магнитостатическая энергия. Размагничивающее поле.
6. Энергия магнитного момента во внешнем магнитном поле.
7. Антиферромагнитная и ферромагнитная косвенная обменная связь. Поле насыщения, билинейная и биквадратная косвенная обменная связь.
8. Взаимодействие Дзялошинского-Мория (ВДМ). Влияние данного взаимодействия на магнитную структуру. Методы измерения величины ВДМ.
9. Доменная граница и ее энергия. Типы доменных границ.
10. Процессы смещения доменных границ. Критические поля.
11. Методы исследования магнитных параметров и доменной структуры. Экспериментальные методы оценки энергии анизотропии, намагниченности насыщения.
12. Виды подходов для моделирования магнитных систем. Теоретические основы микромагнитного моделирования.
13. Метод конечных разностей и метод конечных элементов.

14. Способы задания геометрии двумерных (2D) наноструктур в OOMMF.
15. Моделирование необходимой магнитной конфигурации в 2D объектах.
16. Способы задания геометрии трехмерных (3D) наноструктур в OOMMF.
17. Блоки анизотропии, магнитостатического и обменного взаимодействий при моделировании 3D наноструктур в OOMMF.
18. Использование ScriptAtlas в OOMMF для моделирования сложных геометрических объектов.
19. Логические операции для моделирования сложных трехмерных геометрических объектов в OOMMF.
20. Способы задания необходимой начальной конфигурации намагниченности при моделировании 3D наноструктур в OOMMF.
21. Использование ScriptVectorField в OOMMF для формирования необходимой начальной конфигурации намагниченности.
22. Блоки для описания прямого обменного взаимодействия 3D наноструктур в OOMMF.
23. Виды косвенного обменного взаимодействия. Блоки для описания косвенных обменных взаимодействий 3D наноструктур в OOMMF.
24. Типы анизотропии, задаваемые при моделировании 3D наноструктур в OOMMF.
25. Источники магнитной анизотропии в реальных магнитных объектах.
26. Поведение намагниченности под действием однородного магнитного поля.
27. Моделирование процессов перемагничивания под действием внешнего магнитного поля в OOMMF. Энергия взаимодействия намагниченности с внешним полем.
28. Влияние температуры среды на поведение намагниченности. Энергия тепловых флуктуаций.

29. Симуляция процессов спиновой динамики 3D объекта под действием температуры в OOMMF.
30. Формула топологического заряда для спиновых конфигураций. Основные виды топологических объектов в доменной структуре ферромагнетика.
31. Формирование вихревой конфигурации намагниченности в OOMMF.
32. Анизотропия формы. Размагничивающий фактор. Поле магнитостатики.
33. Моделирование картины распределения магнитостатических полей вокруг 3D наноструктуры в OOMMF.
34. Периодические граничные условия для моделирования участка пленки в OOMMF.
35. Эффективная модель для описания многослойных структур.

Типы экзаменационных заданий

Тип 1. Сделайте описание геометрической формы реального объекта, а также рассчитайте величины всех магнитных параметров согласно данным из эксперимента.

Тип 2. По экспериментально измеренному изображению магнитной структуры определите тип анизотропии. Опишите доменную структуру и отметьте на ней доменные границы.

Тип 3. Откройте программу для моделирования 2D объектов. Запустите готовую программу из примеров. Выведите отображение микромагнитной структуры на экран.

Тип 4. Задайте 2D наноструктуру с определенными магнитными и геометрическими параметрами в OOMMF и запустите симуляцию процесса перемагничивания. Постройте петли гистерезиса.

Тип 5. Задайте 3D наноструктуру с необходимой геометрической формой в OOMMF. Сохраните OMF файл полученной структуры.

Тип 6. Задайте 3D наноструктуру с необходимой геометрической формой в OOMMF, используя ScriptAtlas. Сохраните OMF файл полученной структуры.

Тип 7. Задайте необходимую начальную конфигурацию в 3D наноструктуре в OOMMF. Сохраните OMF файл полученной конфигурации.

Тип 8. Смоделируйте 3D наноструктуру трехслойной пленки с косвенным обменным взаимодействием в OOMMF.

Тип 9. Смоделируйте 3D наноструктуру с кубической анизотропией в OOMMF.

Тип 10. Смоделируйте петлю гистерезиса вдоль о.л.н. 3D наноструктуры в OOMMF.

Тип 11. Смоделируйте поведение намагниченности 3D наноструктуры при увеличении температуры в OOMMF.

Тип 12. Задайте вихрь, скирмион в 3D нанодиске в OOMMF. Сохраните OMF файл полученной структуры.

Тип 13. Получите распределение магнитостатических полей вокруг 3D наноструктуры. Сохраните OMF файл полученной структуры.

Смоделируйте многослойную пленку с взаимодействием Дзялошинского-Мория в OOMMF, используя реальную и эффективную модели.