



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

Институт наукоемких технологий и передовых материалов

«СОГЛАСОВАНО»
Руководитель ОП

Саранин А.А.
(Ф.И.О. рук. ОП)

«28» февраля _____ 2023 г.



«УТВЕРЖДАЮ»

и.о. директора департамента
Общей и экспериментальной физики

Короченцев А.А.
(Ф.И.О.)

«28» февраля _____ 2023 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Спинтроника и наномagnetизм

Направление подготовки 11.04.04 Электроника и наноэлектроника

Профиль: Электроника и наноэлектроника (совместно с ИАПУ ДВО РАН)

Форма подготовки: очная

Рабочая программа составлена в соответствии с требованиями *Федерального государственного образовательного стандарта по направлению подготовки 11.04.04 Электроника и наноэлектроника, утвержденного приказом Минобрнауки России*

от 29 сентября 2017 г. № 959 / *ОС ДВФУ, утвержденного*
от _____ 20__ г. № _____.

Рабочая программа обсуждена на заседании департамента общей и экспериментальной физики, протокол № 5 от «28» февраля 2023 г.

и.о. директора департамента общей и экспериментальной физики: канд. хим. наук, доцент Короченцев В.В.

Составители: к.ф.-м.н. Козлов А.Г.

Владивосток
2023

Оборотная сторона титульного листа
РПД

1. Рабочая программа пересмотрена на заседании Департамента общей и экспериментальной физики и утверждена на заседании Департамента общей и экспериментальной физики, протокол от «»

_____ 2023г.№

2. Рабочая программа пересмотрена на заседании Департамента общей и экспериментальной физики и утверждена на заседании Департамента общей и экспериментальной физики, протокол от «»

_____ 202 г.№

3. Рабочая программа пересмотрена на заседании Департамента общей и экспериментальной физики и утверждена на заседании Департамента общей и экспериментальной физики, протокол от «»

_____ 202 г.№

4. Рабочая программа пересмотрена на заседании Департамента общей и экспериментальной физики и утверждена на заседании Департамента общей и экспериментальной физики, протокол от «»

_____ 202 г.№

5. Рабочая программа пересмотрена на заседании Департамента общей и экспериментальной физики и утверждена на заседании Департамента общей и экспериментальной физики, протокол от «»

_____ 202 г.№

Аннотация дисциплины " Спинтроника и наномагнетизм "

Учебная дисциплина «Спинтроника и наномагнетизм» предназначена для магистрантов 1 курса магистратуры 11.04.04 Электроника и наноэлектроника, магистерской программы «Электроника и наноэлектроника (совместно с ИАПУ ДВО РАН)».

Дисциплина «Спинтроника и наномагнетизм» входит в часть формируемую участниками образовательных отношений цикла дисциплин образовательной программы, является дисциплиной по выбору (Б1.В.ДВ.01.02), реализуется на 1 курсе, в 1 семестре, завершается экзаменом. Общая трудоемкость освоения дисциплины составляет 4 З.Е. (144 часа). Учебным планом предусмотрены лабораторные занятия (34 час.), самостоятельная работа студента (110 час., в том числе 54 час. на подготовку к экзамену).

Язык реализации – русский.

Цель изучения дисциплины является формирование представления о составе и назначении современной спинтроники.

Задачи:

– Формирование знаний о составе и назначении спиновой электроники.

– Выработка навыков разработки и создания материалов для использования в спиновой электронике

– Выработка навыков настройки системного, прикладного и инструментального программного обеспечения систем автоматизации и управления спиновой электроники.

В результате изучения данной дисциплины у обучающихся формируются следующие профессиональные компетенции:

Тип задач	Код и наименование профессиональной компетенции (результат освоения)	Код и наименование индикатора достижения компетенции
Производственно-технологический	ПК-8 Способен проектировать технологические процессы производства материалов и	ПК-8.1 применяет методы проектирования технологических процессов производства материалов и изделий электронной техники

	изделий электронной техники с использованием автоматизированных систем технологической подготовки производства	ПК-8.2 осуществляет технологический процесс приготовления тонкопленочных систем, литографии и плазмохимического травления
	ПК-9 Способен разрабатывать технологическую документацию на проектируемые устройства, приборы и системы электронной техники	ПК-9.1 анализирует, выбирает и применяет методы разработки технологической документации на проектируемые устройства, приборы и системы электронной техники ПК-9.2 использует ГОСТы и ОСТы на технологическую документацию
Научно-педагогический	ПК-15 Способен проводить обучение сотрудников непосредственно на предприятии/в лаборатории	ПК-15.1 использует современные средства и технологии обучения, применяет современные образовательные технологии ПК-15.2 проводить обучение сотрудников непосредственно на предприятии/в лаборатории

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Наименование показателя оценивания (результата обучения по дисциплине)
ПК-8.1 применяет методы проектирования технологических процессов производства материалов и изделий электронной техники	<u>Знает</u> методы проектирования технологических процессов производства материалов и изделий электронной техники
	<u>Умеет</u> определять и применять подходящий метод проектирования технологических процессов производства материалов и изделий электронной техники
	<u>Владеет</u> комплексом инструментов и методов для осуществления проектирования материалов и изделий электронной техники с использованием автоматизированных систем технологической подготовки производства
ПК-8.2 осуществляет технологический процесс приготовления тонкопленочных систем, литографии и плазмохимического травления	<u>Знает</u> этапы технологического процесса приготовления тонкопленочных систем, литографии и плазмохимического травления
	<u>Умеет</u> контролировать необходимые параметры на каждом этапе приготовления тонкопленочных систем, литографии и плазмохимического травления с учетом возможностей экспериментальной установки
	<u>Владеет</u> методами и средствами настройки, и мониторинга протекания технологического процесса приготовления тонкопленочных систем, литографии, и плазмохимического травления
ПК-9.1 анализирует, выбирает и применяет методы разработки технологической документации на проектируемые устройства, приборы и системы электронной техники	<u>Знает</u> методы разработки технологической документации на проектируемые устройства, приборы и системы электронной техники
	<u>Умеет</u> разрабатывать технологическую документацию на проектируемые устройства, приборы и системы электронной техники, применяя подходящий метод
	<u>Владеет</u> инструментами для определения методов разработки технологической документации на проектируемые устройства, приборы и системы электронной техники
ПК-9.2 использует ГОСТы и ОСТы на технологическую документацию	<u>Знает</u> ГОСТы и ОСТы на технологическую документацию
	<u>Умеет</u> применять ГОСТы и ОСТы на технологическую документацию при разработке технологической документации
	<u>Владеет</u> навыками подготовки технологической документации на проектируемые устройства, приборы и системы электронной техники с учетом существующих ГОСТов и ОСТов
ПК-15.1 использует современные средства и технологии обучения, применяет современные образовательные технологии	<u>Знает</u> современные средства и технологии обучения
	<u>Умеет</u> применять современные средства, педагогические и другие технологии, в том числе информационно-коммуникационные, необходимые для осуществления образовательной деятельности

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Наименование показателя оценивания (результата обучения по дисциплине)
ПК-15.2 проводит обучение сотрудников непосредственно на предприятии/в лаборатории	<i>Владеет</i> навыками применения современных средств и образовательных технологий в образовательной деятельности
	<i>Знает</i> материально-техническую базу своего предприятия или лаборатории
	<i>Умеет</i> выбирать оптимальные методики проведения обучения сотрудников непосредственно на предприятии/в лаборатории
	<i>Владеет</i> навыками проведения обучения сотрудников непосредственно на предприятии/в лаборатории

2. Трудоёмкость дисциплины и видов учебных занятий по дисциплине

Общая трудоёмкость дисциплины составляет 4 зачётных единиц 144 академических часа).

(1 зачетная единица соответствует 36 академическим часам)

Видами учебных занятий и работы обучающегося по дисциплине являются:

Обозначение	Виды учебных занятий и работы обучающегося
Лаб.	Лабораторные работы
СР	Самостоятельная работа обучающегося в период теоретического обучения
Контроль	Самостоятельная работа обучающегося и контактная работа обучающегося с преподавателем в период промежуточной аттестации

Структура дисциплины:

Форма обучения – очная.

№	Наименование раздела дисциплины	Семестр	Количество часов по видам учебных занятий и работы обучающегося			Формы промежуточной аттестации
			Лаб	СР	Контроль	
1	Раздел I. Управление намагниченностью в микроструктурах с помощью пропускания токовых импульсов	3	42	92	18	УО-1, ПР-2, ПР-6
2	Раздел II. Взаимодействие Дзялошинского-Мория		42	40	18	УО-1, ПР-2, ПР-6
Итого:			84	132	36	

I. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ПРАКТИЧЕСКОЙ ЧАСТИ КУРСА И САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

Лабораторные работы (84 час.)

Лабораторная работа №1. Получение магнитных гетероструктурных пленок (12 час.)

Методом магнетронного распыления формируется серия поликристаллических образцов (3-6 шт) фиксированного состава. Образцы отличаются параметром осаждения одного слоя, например: толщиной, скоростью или углом осаждения, давлением газа и т.д. Исследование полученных серий позволит выявить взаимосвязь между параметрами структуры и магнитными свойствами исследуемого состава, такими как: величина магнитного момента и коэрцитивной силы, энергия магнитной анизотропии, доменной структуры и т.д.

Методом термического распыления формируется серия эпитаксиальных образцов (3-5шт) фиксированного состава. Образцы отличаются параметром осаждения одного слоя. Исследование полученных серий позволит выявить взаимосвязь между параметрами структуры, такими как: шероховатость, размер островков т.д., и магнитными свойствами исследуемого состава.

Лабораторная работа №2. Исследование магнитных гетероструктурных пленок методом Керр микроскопии, вибрационным магнетометром и оптическим магнетометром (12 час.)

Ранее полученные серии эпитаксиальных и поликристаллических образцов исследуются вибрационным магнетометром для получения интегральной петли гистерезиса; оптическим магнетометром для получения локальных петель; Керр микроскопом для иллюстрации процесса перемагничивания. На основе этих данных оцениваются зависимости магнитных параметров системы и процесс ее перемагничивания от вариативного параметра. Анализ полученных зависимостей позволяет сделать вывод о влиянии исследуемого параметра на магнитные свойства системы.

Лабораторная работа №3. Получение магнитных наноструктур методами оптической и электронно-лучевой литографии (12 час.)

На образцах формируются шаблоны наноструктур для последующей металлизации методом магнетронного распыления, либо для селективного травления эпитаксиальных пленок. Для получения структур размером до 1 мкм используется фотолитография, для получения структур до 0,1 мкм – электронно-лучевая литография. В зависимости от текущей задачи лаборатории методом литографии могут быть сформированы структуры типа контактов Холла, массивы элементов типа полоски, диск и т.д. Контуры полученных микроструктур необходимо исследовать с помощью оптического, сканирующего электронного и атомно-силового микроскопов.

Лабораторная работа №4. Исследование магнитотранспортных свойств магнитных гетероструктур (12 час.)

Исследуется взаимосвязь между магнитными и электрическими свойствами ранее полученных магнитных наноструктур. Изменение

сопротивления или поперечной разности потенциалов позволяет оценивать такие эффекты как: магнитосопротивление, спиновый эффект Холла, возникновение вращающего момента в следствие переноса спинового момента и т.д.

Лабораторная работа №5. Визуализация поведения намагниченности в магнитных гетероструктурах с помощью Керр микроскопии (12 час.)

При сочетании в гетероструктуре таких эффектов как перпендикулярная магнитная анизотропия и сильный спиновый эффект Холла, при пропускании через структуру электрического тока возможна генерация эффективных магнитных полей. Эти поля могут быть использованы для локального переключения намагниченности. Для исследования этого явления проводится визуализация процесса перемагничивания с помощью Керр микроскопа.

Лабораторная работа №6. Измерение энергии взаимодействия Дзялошинского-Мория с помощью Керр-микроскопа (12 час.)

При наличии в исследуемой тонкой магнитной пленки ненулевого взаимодействия Дзялошинского-Мория домены в комбинации продольного и перпендикулярного магнитных полей растут асимметрично. Измеряя асимметрию роста и скоростей смещения доменных границ, можно определить энергию интерфейсного взаимодействия Дзялошинского-Мория.

Лабораторная работа №7. Измерение периодичности лабиринтной доменной структуры с помощью магнитно-силового микроскопа (4 час.)

С помощью магнитно-силового микроскопа можно измерить лабиринтные доменные структуры в магнитных суперрешетках. Периодичность лабиринтной доменной структуры определяется с помощью статистического анализа профилей намагниченности и с помощью графического анализа Фурье. Используя теоретические модели и зная период магнитной структуры, можно рассчитать энергию взаимодействия Дзялошинского-Мория в исследуемой структуре.

Задания для самостоятельной работы

Требования: Перед лабораторными работами обучающимся нужно внимательно изучить методические рекомендации по их выполнению. После лабораторных работ обучающемуся необходимо обработать полученные результаты, построить графики зависимостей измеряемых величин, рассчитать требуемые величины и построить рассчитанные графики, объяснить их поведение и сделать правильные выводы. Также студентам необходимо изучить самостоятельно теоретический материал, необходимый для выполнения лабораторных работ.

Самостоятельная работа №1. Получение магнитных гетероструктурных пленок.

В процессе роста тонких пленок студенты получают дифракционные

изображения поверхности пленок и данные с кварцевого измерителя толщин. По дифракционным изображениям определите структуру слоев в образцах. По осцилляциям интенсивности рефлексов и данным кварцевого измерителя толщин определите пересчетный коэффициент и скорость осаждения материалов. По дифракционным изображениям поверхности пленок в процессе их роста необходимо определить зависимость параметра решетки от толщины осажденных слоев. Для некоторых образцов понадобится обработать рентгеновские спектры для анализа состава пленок.

Самостоятельная работа №2. Исследование магнитных гетероструктурных пленок методом Керр микроскопии, вибрационным магнетометром и оптическим магнетометром.

Постройте петли магнитного гистерезиса для образца, измеренные в различных азимутальных направлениях от 0 до 180° с шагом в 10 градусов методами вибрационного магнитометра и магнитометра Керра. Постройте зависимости коэрцитивной силы и нормированной остаточной намагниченности от направления приложения магнитного поля. Сравните полученные зависимости с теоретическими и сделайте соответствующие выводы о механизме перемагничивания в исследуемой системе. Сравните данные, полученные различными методами.

По полученным петлям магнитного гистерезиса определите поле и энергию магнитной анизотропии.

Самостоятельная работа №3. Получение магнитных наноструктур методами оптической и электронно-лучевой литографии

Проанализируйте изображения микроструктур, полученные с помощью различных микроскопов. По оптическим изображениям оцените общий вид структур, удалось ли выполнить задачу, везде ли сошел резист, надежность контактов, и т.д. По изображениям сканирующего электронного микроскопа необходимо измерить размеры структур, выдержаны ли допуски, насколько ровные края у объектов. По изображениям атомно-силового микроскопа необходимо определить толщину получившихся микро и наноструктур, а также измерить профили рельефа поверхности, оценить резкость перехода от травленной области к сохранившейся.

Самостоятельная работа №4 Исследование магнитотраспортных свойств магнитных гетероструктур.

Сравните данные о перемагничивании микроструктур, полученные с помощью Керр-магнитометра, вибрационного магнитометра и путем измерения аномального эффекта Холла. Отметьте разницу в полученных петлях магнитного гистерезиса и объясните ее в выводах. Рассчитайте эффект гигантского магнитосопротивления в суперрешетках по измерениям сопротивления от магнитного поля. Рассчитайте эффект анизотропного магнитосопротивления в однослойных пленках. По смещению петель, полученных с помощью аномального эффекта Холла в присутствии тока, рассчитайте эффективность передачи спинового момента от тока в соответствующих образцах.

Самостоятельная работа №5 Визуализация поведения

намагниченности в магнитных гетероструктурах с помощью Керр микроскопии.

Обработайте серию полученных изображений Холловских микроструктур в процессе перемагничивания током с помощью специальной программы. Постройте петли токового гистерезиса, полученные при различных значениях плоскостных магнитных полей, и объясните их. Рассчитайте эффективность переключения намагниченности за счет передачи спинового момента от тока в ферромагнитные слои.

Самостоятельная работа №6 Измерение энергии взаимодействия Дзялошинского-Мория с помощью Керр-микроскопа.

Постройте кривые зависимости скорости движения левой и правой доменных границ от величины продольного магнитного поля. Произведите фитинг полученных зависимостей с помощью специальной программы. Определите минимальную дисперсию после расчета как минимум 20 итераций. Определите поле взаимодействия Дзялошинского-Мория и сравните его с полем, при котором наблюдается минимальное значение скорости на кривых. Объясните, почему они совпадают или отличаются. Рассчитайте асимметричность кривых, используя определенное поле взаимодействия Дзялошинского-Мория. Проанализируйте результат.

Самостоятельная работа №7 Измерение периодичности лабиринтной доменной структуры с помощью магнитно-силового микроскопа.

Измерьте 20-30 профилей изменения намагниченности, ориентированных перпендикулярно линии доменных границ. Измерьте размер доменов и периодичность с помощью усреднения полученных данных. Оцените ошибку. Проведите Фурье преобразование магнитной структуры и определите ее периодичность по изображению Фурье-образа магнитной структуры. Сравните данные, полученные двумя разными способами. Рассчитайте энергию взаимодействия Дзялошинского-Мория, используя специальную программу и зная магнитные параметры образца. Повторите все пункты для двух других образцов. Проанализируйте полученные результаты и сделайте выводы.

III. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ

Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся по дисциплине включает в себя:

- план-график выполнения самостоятельной работы по дисциплине, в том числе примерные нормы времени на выполнение по каждому заданию;
- требования к представлению и оформлению результатов самостоятельной работы;
- критерии оценки выполнения самостоятельной работы.

План-график выполнения самостоятельной работы по дисциплине

№ п/п	Дата/сроки выполнения	Вид самостоятельной работы	Примерные нормы времени на выполнение	Форма контроля
1	1 неделя семестра	Лабораторная работа 1, подготовка отчета	16 час.	УО-1 (собеседование), ПР-6 (лабораторная работа)
2	2 неделя семестра	Лабораторная работа 2, подготовка отчета	16 час	УО-1 (собеседование), ПР-6 (лабораторная работа)
3	3-4 недели семестра	Лабораторные работа 3, подготовка отчета	20 час.	УО-1 (собеседование), ПР-6 (лабораторная работа)
4	5-6 недели семестра	Подготовка к контрольной работе №1	10 час.	ПР-2 (контрольная работа)
5	7-8 недели семестра	Лабораторная работа 4, подготовка отчета	20 час.	УО-1 (собеседование), ПР-6 (лабораторная работа)
6	9-10 недели семестра	Лабораторная работа 5, подготовка отчета	20 час.	УО-1 (собеседование), ПР-6 (лабораторная работа)
7	11-12 недели семестра	Лабораторная работа 6, подготовка отчета	20 час	УО-1 (собеседование), ПР-6 (лабораторная работа)
	13-14 недели семестра	Лабораторная работа 7, подготовка отчета	20 час.	УО-1 (собеседование), ПР-6 (лабораторная работа)
8	15-16 недели семестра	Подготовка к контрольной работе №2	10 час.	ПР-2 (контрольная работа)
9	17-18 недели семестра	Подготовка к экзамену	16 час.	Экзамен
Итого:			168 час.	

Рекомендации по самостоятельной работе студентов

Планирование и организация времени, отведенного на выполнение заданий самостоятельной работы.

Изучив график выполнения самостоятельных работ, следует правильно её организовать. Рекомендуется изучить структуру каждого задания, обратить внимание на график выполнения работ, отчетность по каждому

заданию предоставляется в последнюю неделю согласно графику. Обратить внимание, что итоги самостоятельной работы влияют на окончательную оценку по итогам освоения учебной дисциплины.

Главное в период обучения своей специальности - это научиться методам самостоятельного умственного труда, сознательно развивать свои творческие способности и овладевать навыками творческой работы. Для этого необходимо строго соблюдать дисциплину учебы и поведения.

Каждому студенту следует составлять еженедельный и семестровый планы работы, а также план на каждый рабочий день. С вечера всегда надо распределять работу на завтра. В конце каждого дня целесообразно подводить итог работы: тщательно проверить, все ли выполнено по намеченному плану, не было ли каких-либо отступлений, а если были, по какой причине это произошло. Нужно осуществлять самоконтроль, который является необходимым условием успешной учебы. Если что-то осталось невыполненным, необходимо изыскать время для завершения этой части работы, не уменьшая объема недельного плана.

Работа с литературой.

При выполнении ряда заданий требуется работать с литературой. Рекомендуется использовать различные возможности работы с литературой: фонды научной библиотеки ДВФУ (<http://www.dvfu.ru/library/>) и других ведущих вузов страны, а также доступных для использования научно-библиотечных систем.

Работа с конспектом лекций

В конспекте лекций необходимо кратко, схематично, последовательно фиксировать основные положения, выводы, формулировки, обобщения; пометать важные мысли, выделять ключевые слова, термины. Нужно проверять термины, понятия с помощью энциклопедий, словарей, справочников с выписыванием толкований в тетрадь. Обозначить вопросы, термины, материал, который вызывает трудности, пометить и попытаться найти ответ в рекомендуемой литературе. Если самостоятельно не удастся разобраться в материале, необходимо сформулировать вопрос и задать преподавателю на консультации или практических работах.

Методические рекомендации по выполнению заданий для самостоятельной работы и критерии оценки.

Работа над лабораторными работами

Перед лабораторной работой студент должен самостоятельно изучить методические указания по ее выполнению, ознакомиться с содержанием работы, прочитать необходимую учебную литературу для понимания физических процессов, изучаемых в лабораторной работе. После успешного выполнения лабораторной работы студент самостоятельно пишет обрабатывает полученные данные и пишет отчет по лабораторной работе. В методических указаниях по выполнению лабораторных работ после каждой лабораторной работы следуют контрольные вопросы. На них необходимо подготовить ответы. Кроме того, необходимо иметь базовые знания по

изучаемой теме. Только после теоретической подготовки и написания отчета можно пробовать сдать отчет. Сдача отчета проводится во время практических занятий, когда студенты не работают за лабораторными установками.

Структура отчета по лабораторной работе

Отчеты по лабораторным работам представляются в электронной форме, подготовленные как текстовые документы в редакторе MSWord.

Отчет по работе должен быть обобщающим документом, включать всю информацию по выполнению заданий, в том числе, построенные диаграммы, таблицы, приложения, список литературы и (или) расчеты, сопровождая необходимыми пояснениями и иллюстрациями в виде схем, экранных форм («скриншотов») и т. д.

Структурно отчет по лабораторной работе, как текстовый документ, комплектуется по следующей схеме:

- ✓ *Титульный лист*– обязательная компонента отчета, первая страница отчета, по принятой для лабораторных работ форме (титульный лист отчета должен размещаться в общем файле, где представлен текст отчета);
- ✓ *Исходные данные к выполнению заданий*– обязательная компонента отчета, с новой страницы, содержат указание варианта, темы и т.д.);
- ✓ *Основная часть*– материалы выполнения заданий, разбивается по рубрикам, соответствующих заданиям работы, с иерархической структурой: разделы – подразделы – пункты – подпункты и т. д.

Рекомендуется в основной части отчета заголовки рубрик (подрубрик) давать исходя из формулировок заданий, в форме отглагольных существительных;

- ✓ *Выводы*– обязательная компонента отчета, содержит обобщающие выводы по работе (какие задачи решены, оценка результатов, что освоено при выполнении работы);
- ✓ *Список литературы*– обязательная компонента отчета, с новой страницы, содержит список источников, использованных при выполнении работы, включая электронные источники (список нумерованный, в соответствии с правилами описания библиографии);
- ✓ *Приложения*– необязательная компонента отчета, с новой страницы, содержит дополнительные материалы к основной части отчета.

Оформление отчета по лабораторной работе

Лабораторная работа относится к категории «*письменная работа*», оформляется по правилам оформления письменных работ студентами

ДВФУ.

Необходимо обратить внимание на следующие аспекты в оформлении отчетов работ:

- набор текста;
- структурирование работы;
- оформление заголовков всех видов (рубрик-подрубрик-пунктов-подпунктов, рисунков, таблиц, приложений);
- оформление перечислений (списков с нумерацией или маркировкой);
- оформление таблиц;
- оформление иллюстраций (графики, рисунки, фотографии, схемы, «скриншоты»);
- набор и оформление математических выражений (формул);
- оформление списков литературы (библиографических описаний) и ссылок на источники, цитирования.

Набор текста

Набор текста осуществляется на компьютере, в соответствии со следующими требованиями:

- ✓ печать – на одной стороне листа белой бумаги формата А4 (размер 210 на 297 мм.);
- ✓ интервал межстрочный – полуторный;
- ✓ шрифт – TimesNewRoman;
- ✓ размер шрифта - 14 пт., в том числе в заголовках (в таблицах допускается 10-12 пт.);
- ✓ выравнивание текста – «по ширине»;
- ✓ поля страницы -левое – 25-30 мм., правое – 10 мм., верхнее и нижнее – 20 мм.;
- ✓ нумерация страниц – в правом нижнем углу страницы (для страниц с книжной ориентацией), сквозная, от титульного листа до последней страницы, арабскими цифрами (первой страницей считается титульный лист, на котором номер не ставится, на следующей странице проставляется цифра «2» и т. д.).
- ✓ режим автоматического переноса слов, за исключением титульного листа и заголовков всех уровней (перенос слов для отдельного абзаца блокируется средствами MSWord с помощью команды «Формат» – абзац при выборе опции «запретить автоматический перенос слов»).

Если рисунок или таблица размещены на листе формата больше А4, их следует учитывать, как одну страницу. Номер страницы в этих случаях допускается не проставлять.

Список литературы и все *приложения* включаются в общую в сквозную нумерацию страниц работы.

*Рекомендации по оформлению графического материала,
полученного с экранов в виде «скриншотов»*

Графические копии экрана («скриншоты»), отражающие графики, диаграммы моделей, схемы, экранные формы и т. п. должны отвечать требованиям визуальной наглядности представления иллюстративного материала, как по размерам графических объектов, так и разрешающей способности отображения текстов, цветовому оформлению и другим важным пользовательским параметрам.

Рекомендуется в среде программного приложения настроить «экран» на параметры масштабирования и размещения снимаемых для иллюстрации объектов. При этом необходимо убрать «лишние» окна, команды, выделения объектов и т. п.

В перенесенных в отчет «скриншотах» рекомендуется «срезать» ненужные области, путем редактирования «изображений», а при необходимости отмасштабировать их для заполнения страницы отчета «по ширине».

«Скриншоты» в отчете оформляются как рисунки, с заголовками, помещаемыми ниже области рисунков, а в тексте должны быть ссылки на указанные рисунки.

Критерии оценки выполнения самостоятельной работы

Выполнение самостоятельных работ оценивается

- при сдаче и защите отчетов по лабораторным работам
- написании контрольных работ

Критерии оценки индикаторов выполнения самостоятельной работы по курсу приведены в разделе VIII.

IV. КОНТРОЛЬ ДОСТИЖЕНИЯ ЦЕЛЕЙ КУРСА

№ п/п	Контролируемые модули/разделы / темы дисциплины	Код индикатора достижения компетенции	Результаты обучения	Оценочные средства – наименование	
				текущий контроль	промежуточная аттестация
1	Раздел I. Управление намагниченностью в микроструктурах с помощью пропускания токовых импульсов	ПК-8.1 применяет методы проектирования технологических процессов производства материалов и изделий электронной техники	<u>Знает</u> методы проектирования технологических процессов производства материалов и изделий электронной техники <u>Умеет</u> определять и применять подходящий метод проектирования технологических процессов производства материалов и изделий электронной техники	УО-1 (собеседование), ПР-2 (контрольная работа), ПР-6 (лабораторная работа)	Экзамен, вопросы 1-15

			<i>Владеет</i> комплексом инструментов и методов для осуществления проектирования материалов и изделий электронной техники с использованием автоматизированных систем технологической подготовки производства		
		ПК-8.2 осуществляет технологический процесс приготовления тонкопленочных систем, литографии и плазмохимического травления	<i>Знает</i> этапы технологического процесса приготовления тонкопленочных систем, литографии и плазмохимического травления		
			<i>Умеет</i> контролировать необходимые параметры на каждом этапе приготовления тонкопленочных систем, литографии и плазмохимического травления с учётом возможностей экспериментальной установки		
			<i>Владеет</i> методами и средствами настройки, и мониторинга протекания технологического процесса приготовления тонкопленочных систем, литографии, и плазмохимического травления		
		ПК-9.1 анализирует, выбирает и применяет методы разработки технологической документации на проектируемые устройства, приборы и системы электронной техники	<i>Знает</i> методы разработки технологической документации на проектируемые устройства, приборы и системы электронной техники		
			<i>Умеет</i> разрабатывать технологическую документацию на проектируемые устройства, приборы и системы электронной техники, применяя подходящий метод		
			<i>Владеет</i> инструментами для определения методов разработки технологической документации на проектируемые устройства, приборы и системы электронной техники		
2	Раздел II. Взаимодействие Дзятлошинского-Мория	ПК-9.2 использует ГОСТы и ОСТы на технологическую документацию	<i>Знает</i> ГОСТы и ОСТы на технологическую документацию <i>Умеет</i> применять ГОСТы и ОСТы на технологическую документацию при разработке технологической документации	УО-1 (собеседование), ПР-2 (контрольная работа), ПР-6 (лабораторная работа)	Экзамен, вопросы 16-30

			<i>Владеет</i> навыками подготовки технологической документации на проектируемые устройства, приборы и системы электронной техники с учетом существующих ГОСТов и ОСТов		
		ПК-15.1 использует современные средства и технологии обучения, применяет современные образовательные технологии	<i>Знает</i> современные средства и технологии обучения		
			<i>Умеет</i> применять современные средства, педагогические и другие технологии, в том числе информационно-коммуникационные, необходимые для осуществления образовательной деятельности		
			<i>Владеет</i> навыками применения современных средств и образовательных технологий в образовательной деятельности		

Типовые контрольные задания, методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений и навыков и (или) опыта деятельности, а также качественные критерии оценивания, которые описывают уровень сформированности компетенций, представлены в разделе VIII.

V. СПИСОК УЧЕБНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ И ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Основная литература

1. Борисенко В.Е. Спинтроника : учебное пособие / Борисенко В.Е., Данилюк А.Л., Мигас Д.Б.. — Москва : Лаборатория знаний, 2017. — 230 с. — ISBN 978-5-00101-538-3. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <http://www.iprbookshop.ru/88493.html>
2. Волков Н.В. Физика магнитных явлений. Ферромагнетизм: Учебное пособие / Н.В. Волков. — Красноярск: изд-во СФУ, 2015. — 125 с. <https://search.rsl.ru/ru/record/01008028682>
3. Курс общей физики : учебное пособие для вузов по техническим направлениям и специальностям в 4 т. : т. 3 . Квантовая оптика. Атомная физика. Физика твердого тела. Физика атомного ядра и элементарных частиц / И. В. Савельев ; под общ.ред. В. И.

- Савельева. Москва : КноРус,
2012. <http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:684653&theme=FEFU>
4. Квантовая физика и нанотехнологии / В. Неволин. Москва
: Техносфера,
2013. <http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:813057&theme=FEFU>
5. Теоретическая физика : учебное пособие для физических
специальностей университетов : [в 10 т.] т. 2 . Теория поля / Л. Д.
Ландау, Е. М. Лифшиц ; под ред. Л. П. Питаевского. Москва
: Физматлит,
2012. <http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:674994&theme=FEFU>
6. Физика конденсированного состояния : учебное пособие для вузов по
техническим направлениям подготовки и специальностям / Ю. А.
Байков, В. М. Кузнецов. Москва : БИНОМ. Лаборатория знаний,
2011 <http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:668131&theme=FEFU>

Дополнительная литература

1. Электромагнетизм. Методы решения задач : учебное пособие / В. В.
Покровский. Москва : БИНОМ. Лаборатория знаний,
2011 <http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:668072&theme=FEFU>
2. Физика поверхности. Теоретические модели и экспериментальные
методы / М. В. Мамонова, В. В. Прудников, И. А. Прудникова.
Москва : Физматлит,
2011. <http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:663084&theme=FEFU>
3. Ремпель А.А. Материалы и методы нанотехнологий [Электронный
ресурс]: учебное пособие/ Ремпель А.А., Валеева А.А.— Электрон.
текстовые данные. — Екатеринбург: Уральский федеральный
университет, ЭБС АСВ, 2015. — 136
с. <http://www.iprbookshop.ru/68346.html>

4. Воротынцев В.М. Скупов В.Д. Базовые технологии микро- и нанoeлектроники: учебное пособие / М.: Проспект, 2018. — 520 с. <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=469679>

Интернет-ресурсы

1. Нанотехнологии в России <http://www.nanonewsnet.ru>
2. Российский электронный наножурнал <http://www.nanorf.ru>
3. Проект о современной фундаментальной науке «ПостНаука» <http://postnauka.ru>
4. Нанотехнологическое общество «Нанометр» <http://www.nanometer.ru>

Перечень информационных технологий и программного обеспечения

При осуществлении образовательного процесса по дисциплине используется общая инфраструктура учебных классов.

Профессиональные базы данных и информационные справочные системы

1. База данных Scopus <http://www.scopus.com/home.url>
2. База данных Web of Science <http://apps.webofknowledge.com/>
3. Научная электронная библиотека <http://www.elibrary.ru>

VI. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

Планирование и организация времени, отведенного на изучение дисциплины. Приступить к освоению дисциплины следует незамедлительно в самом начале учебного семестра. Рекомендуются изучить структуру и основные положения Рабочей программы дисциплины. Обратит внимание, что кроме аудиторной работы (лекции, лабораторные занятия) планируется самостоятельная работа, итоги которой влияют на окончательную оценку по итогам освоения учебной дисциплины. Все задания (аудиторные и самостоятельные) необходимо выполнять и предоставлять на оценку в соответствии с графиком.

В процессе изучения материалов учебного курса предлагаются

следующие формы работ: чтение лекций, лабораторные занятия, задания для самостоятельной работы.

Лекционные занятия ориентированы на освещение вводных тем в каждый раздел курса и призваны ориентировать студентов в предлагаемом материале, заложить научные и методологические основы для дальнейшей самостоятельной работы студентов. Успешное освоение дисциплины предполагает активное участие студентов на всех этапах ее освоения. Изучение дисциплины следует начинать с проработки содержания рабочей программы и методических указаний. При изучении и проработке теоретического материала студентам необходимо:

- повторить законспектированный на лекционном занятии материал и дополнить его с учетом рекомендованной по данной теме литературы;
- перед очередной лекцией просмотреть конспект предыдущего занятия;
- при самостоятельном изучении темы сделать конспект, используя рекомендованные в РПУД литературные источники.

В случае, если возникли затруднения, обратиться к преподавателю в часы консультаций или на практическом занятии.

Лабораторные занятия акцентированы на наиболее принципиальных и проблемных вопросах курса и призваны стимулировать выработку практических умений. Основной целью проведения лабораторных занятий является систематизация и закрепление знаний по изучаемой теме, формирование умений самостоятельно работать с дополнительными источниками информации, аргументировано высказывать и отстаивать свою точку зрения.

При подготовке к лабораторным занятиям студентам необходимо:

- повторить теоретический материал по заданной теме;
- продумать формулировки вопросов, выносимых на обсуждение;
- использовать не только конспект лекций, но и дополнительные источники литературы, рекомендованные преподавателем.

Особо значимой для профессиональной подготовки студентов является *самостоятельная работа* по курсу. В ходе этой работы студенты отбирают необходимый материал по изучаемому вопросу и анализируют его. Студентам необходимо ознакомиться с основными источниками, без которых невозможно полноценное понимание проблематики курса.

Освоение курса способствует развитию навыков обоснованных и самостоятельных оценок фактов и концепций. Поэтому во всех формах контроля знаний, особенно при сдаче экзамена, внимание обращается на понимание проблематики курса, на умение практически применять знания и делать выводы.

Работа с литературой. Рекомендуется использовать различные

возможности работы с литературой: фонды научной библиотеки ДВФУ и электронные библиотеки (<http://www.dvfu.ru/library/>), а также доступные для использования другие научно-библиотечные системы.

Подготовка к экзамену. К сдаче экзамена допускаются обучающиеся, выполнившие все задания (лабораторные, контрольные работы), предусмотренные учебной программой дисциплины, посетившие не менее 85% аудиторных занятий и защитившие курсовой проект.

VII. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Перечень материально-технического и программного обеспечения дисциплины приведен в таблице.

Материально-техническое и программное обеспечение дисциплины

Наименование специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Оснащенность специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Перечень лицензионного программного обеспечения. Реквизиты подтверждающего документа
690922, Приморский край, г. Владивосток, остров Русский, полуостров Саперный, поселок Аякс, 10, корпус L, ауд. L 441. Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации	Помещение укомплектовано специализированной учебной мебелью (посадочных мест – 15) Оборудование: ЖК-панель 47", Full HD, LG M4716 CCBA – 1 шт. Доска аудиторная.	Специализированное ПО не требуется
690922, Приморский край, г. Владивосток, остров Русский, полуостров Саперный, поселок Аякс, 10, корпус L, ауд. L 320. Лаборатория пленочных технологий ДВФУ	Вибрационный магнитометр Lakeshore 7400, оптический магнитометр Nanomoke2, Керр-микроскоп Evico Magnetics, магнитно-силовой микроскоп Ntegra Aura	ПО, позволяющее выполнять лабораторные работы на лабораторных установках, Origin – программное обеспечение для построения графиков, Gwyddion – свободно распространяемое программное обеспечение для обработки графических изображений
690922, Приморский край, г. Владивосток, остров Русский, полуостров Саперный, поселок Аякс, 10, корп. А (Лит. П), Этаж 10, каб. А1017. Аудитория для самостоятельной работы	Оборудование: Моноблок Lenovo C360G-i34164G500UDK – 15 шт. Интегрированный сенсорный дисплей Polymedia FlipBox - 1 шт. Копир-принтер-цветной сканер в e-mail с 4 лотками Xerox WorkCentre 5330 (WC5330C – 1 шт.)	Специализированное ПО не требуется

Для проведения учебных занятий по дисциплине, а также для организации самостоятельной работы студентам доступно следующее лабораторное оборудование и специализированные кабинеты,

соответствующие действующим санитарным и противопожарным нормам, а также требованиям техники безопасности при проведении учебных и научно-производственных работ.

В целях обеспечения специальных условий обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья в ДВФУ все здания оборудованы пандусами, лифтами, подъемниками, специализированными местами, оснащенными туалетными комнатами, табличками информационно-навигационной поддержки.