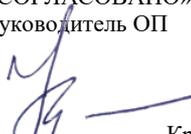




МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Дальневосточный федеральный университет»
(ДФУ)

ШКОЛА ЕСТЕСТВЕННЫХ НАУК

«СОГЛАСОВАНО»
Руководитель ОП


_____ Крайнова Г.С. _____
(подпись) (Ф.И.О. рук.ОП)
«_19_» _____ сентября 2018_ г.

«УТВЕРЖДАЮ»
Заведующий кафедрой
физики низкоразмерных структур
(название кафедры)
_____ Саранин А.А. _____
(подпись) (Ф.И.О. зав. каф.)
«_19_» _____ сентября 2018_ г.



РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Физика магнитных явлений. Спинтроника и орбитроника.

Направление подготовки 11.03.04 Электроника и нанoeлектроника

Форма подготовки очная

курс 4 семестр 7
лекции 30 час.
лабораторные работы 30 час.
всего часов аудиторной нагрузки 60 час.
в том числе с использованием МАО 18 час.
самостоятельная работа 30 час.
в том числе на подготовку к экзамену 54 час.
контрольные работы (количество)
курсовая работа / курсовой проект 7 семестр
зачет ___ семестр
экзамен 7 семестр

Рабочая программа составлена в соответствии с требованиями образовательного стандарта, самостоятельно устанавливаемого ДВФУ, утвержденного приказом ректора от 18.02.2016 № 12-13-235

Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры _физики низкоразмерных структур_____, протокол № 3 от «19» сентября 2018 г.

Заведующий (ая) кафедрой Саранин А.А.
Составитель: к.ф.-м.н. Давыденко А.В.

Оборотная сторона титульного листа РПУД

I. Рабочая программа пересмотрена на заседании кафедры:

Протокол от « _____ » _____ 20__ г. № _____

Заведующий кафедрой _____ _Саранин А.А.
(подпись) (И.О. Фамилия)

II. Рабочая программа пересмотрена на заседании кафедры:

Протокол от « _____ » _____ 20__ г. № _____

Заведующий кафедрой _____ _Саранин А.А.____
(подпись) (И.О. Фамилия)

ABSTRACT

Bachelor's degree in 11.04.03 Electronics and nanoelectronics

Course title: Physics of magnetic phenomena. Spintronics and orbitronics.

Basic part of Block, 4 credits

Instructor: A.V. Davydenko, Cand. of phys. and math., School of Natural Sciences of Far Eastern Federal University.

At the beginning of the course a student should be able to:

GPC-1, the ability to represent the scientific picture of the world that is adequate to the modern level of knowledge on the basis of knowledge of the basic provisions, laws and methods of the natural sciences and mathematics;

GPC-2, the ability to identify the natural-science essence of problems arising in the course of professional activity, to involve the corresponding physico-mathematical apparatus for solving them;

GPC-3, the ability to use basic techniques for processing and presenting experimental data.

Learning outcomes:

SPC-2 ability to reasonably choose and implement in practice an effective method of experimental study of parameters and characteristics of devices, circuits, devices and installations of electronics and nanoelectronics for various functional purposes;

SPC-4 the ability to conduct a comprehensive study on different experimental settings in a mutually reinforcing manner with further analysis and theoretical modeling of the obtained data;

SPC-9 ability to perform works on technological preparation of production of materials and products of electronic equipment.

Course description:

Discipline is logically related to the disciplines of the first, second and third courses, such as "Basic physics", "Materials of electronic technique", "Physics of the condensed state".

In this discipline, students learn the basics of nanomagnetism. At the beginning of the course, dia-, para- and ferromagnetism in bulk materials is considered. Classical and quantum theories explaining these effects. Some attention is paid to ferrimagnetism and antiferromagnetism. Then they study the types of magnetic anisotropy, energies in the magnetic body. Special attention is devoted to the types of domain structures in thin magnetic films, types of domain boundaries. Models of magnetization reversal of ferromagnets, coherent rotation of magnetization and domain walls motion are considered.

After mastering the basics of magnetism, students get an idea of magnetism in nanofilms and nanoparticles. They are familiar with such phenomena as giant magnetoresistance, indirect exchange interaction, consider models of nanoparticles' reversal, interaction of nanoparticles, magnetic properties of arrays of nanowires and nanostructures.

Main course literature:

1. Dragunov V.P., Ostertak D.I. Micro- i nanoelectronika: Uchebnoe posobie dlya VUZov [Micro and nanoelectronics]. — Novosibirsk, NGTU, 2012. — 38 p. (rus) — access <http://www.iprbookshop.ru/45107.html>
2. Berlin B.V. Poluchenie tonkih plenok reaktivnim magnetronnim raspileniem [Growing of thin films by magnetron sputtering] / Berlin B.V., Seydman L.A. — M. Technosfera, 2014. — 256 p. (rus) <http://www.iprbookshop.ru/31877.html>
3. Starostin V.V. Materiali i metodi nanotechnologii [Materials and methods of nanotechnology] / pod obshey red. L.N. Patrikeeva. — M.: BINOM. Laboratoriya znaniy, 2008. — 431 p. (rus) <http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:265078&theme=FEFU>
4. Volkov N.V. Phisika magnitnih yavleniy. Ferromagnetizm: Uchebnoe posobie [Physics of magnetic phenomena. Ferromagnetism] / N.V. Volkov —

Krasnoyarsk: izd-vo SFU, 2015. — 125 p.

<https://search.rsl.ru/ru/record/01008028682>

5. Bondarenko G.G., Kabanova T.A., Ribalko V.V. Vaterialovedenie (Material science) — M.:Yurait, 2012. — 360 p.

<http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:670440&theme=FEFU>

Form of final knowledge control: exam.

АННОТАЦИЯ

Дисциплина «Физика магнитных явлений. Спинтроника и орбитроника» предназначена для студентов, обучающихся по образовательной программе 11.03.04 «Электроника и наноэлектроника» и входит в дисциплины по выбору учебного плана, реализуется на 4-м курсе в 8-м семестре.

Общая трудоемкость освоения дисциплины составляет 4 зачетные единицы, 144 часа. Учебным планом предусмотрены лекционные занятия (30 часов), лабораторные работы (30 часов), самостоятельная работа студента (84 часа, в том числе на подготовку к экзамену 54 часа). Дисциплина реализуется на 4 курсе в 7 семестре.

Дисциплина логически связана с дисциплинами первого, второго и третьего курсов, такими как «Физика полупроводников и низкоразмерных систем», «Квантовая и оптическая электроника», «Физика конденсированного состояния».

В данной дисциплине студенты изучают основы наномagnetизма. В начале курса рассматривается диа-, пара- и ферромагнетизм в объемных материалах. Классические и квантовые теории, объясняющие данные эффекты. Некоторое внимание уделяется ферримагнетизму и антиферромагнетизму. Затем изучаются виды магнитных анизотропий, энергии в магнитном теле. Отдельное внимание посвящено видам доменных структур в тонких магнитных пленках, типам доменных границ. Рассматриваются модели перемагничивания ферромагнетиков, когерентное вращение намагниченности и движение доменных границ.

После усвоения основ магнетизма студенты получают представление о магнетизме в нанопленках и наночастицах. Знакомятся с такими явлениями, как гигантское магнитосопротивление, косвенное обменное взаимодействие, рассматривают модели перемагничивания наночастиц, взаимодействие наночастиц, магнитные свойства массивов нанопроволок и наноточек.

Цель: ознакомление с магнетизмом тонких пленок и наноструктур

Задачи:

- Изучение магнетизма тонких пленок
- Установление взаимосвязи между структурой наноразмерных пленок и частиц и их магнитными свойствами
- Ознакомление студентов с магнитными свойствами наноструктур
- Изучение экспериментальных методов измерения магнитных характеристик изучаемых объектов

Для успешного изучения дисциплины «Физика магнитных явлений. Спинтроника и орбитроника» у обучающихся должны быть сформированы следующие предварительные компетенции –

- ОПК-2, способность выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, привлекать для их решения соответствующий физико-математический аппарат;
- ОПК-5, способность использовать основные приемы обработки и представления экспериментальных данных.

В результате изучения данной дисциплины у обучающихся формируются следующие профессиональные компетенции (элементы компетенций).

Код и формулировка компетенции	Этапы формирования компетенции	
	ПК- 2, способность аргументированно выбирать и реализовывать на практике эффективную методику экспериментального исследования параметров и характеристик приборов, схем, устройств и установок электроники и	знает
умеет		Решать задачи по определению магнитных характеристик исследуемого объекта
владеет		Теоретическими знаниями, необходимыми для понимания и анализа получаемых экспериментальных результатов

наноэлектроники различного функционального назначения		
ПК- 4, способность проводить комплексные исследования на различных экспериментальных установках взаимодополняющим и методами с последующим анализом и теоретическим моделированием полученных данных	знает	Как функционируют экспериментальные установки, предназначенные для измерения магнитных свойств и характеристик исследуемых объектов
	умеет	Работать на экспериментальных установках
	владеет	Экспериментальными методиками, согласно которым можно определить магнитные характеристики исследуемых объектов
ПК-9, способность выполнять работы по технологической подготовке производства материалов и изделий электронной техники	знает	Основные теоретические положения, необходимые для правильного анализа полученных результатов
	умеет	Анализировать и правильно интерпретировать полученные экспериментальные результаты. Оформлять полученные результаты в форме отчетов и статей
	владеет	Навыками написания курсовых работ, в рамках которых отражаются навыки студента работать с проектно-технической документацией

Для формирования вышеуказанных компетенций в рамках дисциплины «Физика магнитных явлений. Спинтроника и орбитроника» применяются следующие методы активного/ интерактивного обучения: дискуссия; семинары.

I. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ ЧАСТИ КУРСА (30 ЧАС.)

Раздел 1. Ферромагнетизм тонких пленок (15 час)

Тема 1. Диа-, пара- и ферромагнетики (5 час)

Диамagnetизм. Парамагнетизм. Классическая теория парамагнетизма. Квантовая теория парамагнетизма. Ферромагнетизм. Теория молекулярного поля. Обменное взаимодействие. Зонная теория ферромагнетизма.

Тема 2. Магнитные анизотропии (5 час)

Магнитокристаллическая анизотропия. Размагничивающее поле. Анизотропия формы. Магнитоупругая анизотропия. Поверхностная анизотропия. Наведенные анизотропии.

Тема 3. Доменные структуры в тонких пленках (5 час)

Природа образования доменов. Виды доменных границ. Ширина доменных стенок. Размер доменов. Замыкающие домены. Лабиринтные доменные структуры. Киральные доменные границы.

Раздел 2. Магнитные наноструктуры (15 час)

Тема 4. Получение наноструктур (8 час)

Рентгеновская литография. Ионно-лучевая литография. Электронно-лучевая литография. Травление сфокусированным ионным пучком.

Тема 5. Свойства магнитных наноструктур (7 час)

Наноточки. Нанопроволоки. Наностолбики. Антиточки. Массивы из магнитных наноструктур. Процессы перемагничивания наноструктур. Доменные структуры и доменные границы. Перспективы применения в магнитной памяти.

II. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ПРАКТИЧЕСКОЙ ЧАСТИ КУРСА

Лабораторные работы (30 час.)

Лабораторная работа 1. Вакуумные системы (3 час.)

Студенты изучают устройство вакуумных систем, вакуумные насосы, устройства перемещения и манипулирования образцами в вакууме

Лабораторная работа 2. Методы осаждения тонких пленок (3 час)

В данной работе студенты знакомятся с техникой и оборудованием, предназначенными для осаждения тонких магнитных пленок

Лабораторная работа 3. Фотолитография (3 час)

В данной работе студенты наблюдают процесс создания простых литографических структур микромасштаба, например, контактных площадок. Они учатся наносить фоторезист нужной толщины, смывать его, проявлять шаблоны.

Лабораторная работа 4. Электронно-лучевая литография и сканирующая электронная микроскопия (3 час)

В данной работе студенты изучают принципы функционирования сканирующего электронного микроскопа. Они учатся перемещаться по поверхности образца, менять увеличение, режимы работы, делать снимки.

Лабораторная работа 5. Электронно-лучевая литография (3 час)

В данной работе студенты учатся создавать наношаблоны из фоторезиста. Для этого используется электронно-лучевая литография в комбинации со сканирующим электронным микроскопом. Студенты наблюдают за полным процессом создания шаблона, включая загрузку образцов, манипулирование, настройку, экспонирование по меткам.

Лабораторная работа 6. Измерение магнитной анизотропии тонких пленок на вибромагнитометре (3 час)

В данной работе студенты осваивают работу на вибромагнитометре, учатся наклеивать образцы на держатель, снимать петли магнитного гистерезиса под разными азимутальными углами к направлению магнитного поля.

Лабораторная работа 7. Измерение магнитных свойств массивов нанообъектов на вибромагнитометре (3 час)

В данной работе студенты измеряют полярные диаграммы массивов наночастиц, чтобы по ним определить механизм их перемагничивания.

Лабораторная работа 8. Исследование однородности магнитных свойств тонких пленок (3 час)

В данной работе студенты измеряют карту распределения коэрцитивной силы по поверхности тонкой магнитной пленки с помощью Керр-магнитометра и делают выводы об однородности магнитных свойств образца.

Лабораторная работа 9. Исследование магнитных свойств массивов нанообъектов на магнитометре Керра (3 час)

В данной работе студенты исследуют локальные магнитные свойства массивов нанообъектов. Особенность данной работы заключается в том, что студенты в ней могут понять разницу интегральных методов измерения (таких как вибромагнитометр) и локальных методов (таких как Керр-магнитометр).

Лабораторная работа 10. Исследование процессов перемагничивания и доменной структуры тонких пленок с помощью Керр-микроскопа (3 час.)

В данной работе студенты осваивают работу на Керр-микроскопе. Студенты учатся регистрировать магнитную структуру образцов при различных магнитных полях, измеряют петли магнитного гистерезиса.

Примеры заданий по лабораторным работам приведены в Приложении 1.

III. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ

На внеаудиторную самостоятельную работу студентам отводится 30 часов. На подготовку к экзамену отводится 54 часа дополнительно. Контролируемой самостоятельной работы по данной дисциплине не предусмотрено. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся по дисциплине «Физика магнитных явлений. Спинтроника и орбитроника» представлено в Приложении 1 и включает в себя:

- план-график выполнения самостоятельной работы по дисциплине, в том числе примерные нормы времени на выполнение по каждому заданию;

- характеристика заданий для самостоятельной работы обучающихся и методические рекомендации по их выполнению;
- требования к представлению и оформлению результатов самостоятельной работы;
- критерии оценки выполнения самостоятельной работы.

IV. КОНТРОЛЬ ДОСТИЖЕНИЯ ЦЕЛЕЙ КУРСА

№ п/п	Контролируемые разделы / темы дисциплины	Коды и этапы формирования компетенций		Оценочные средства	
				текущий контроль	промежуточная аттестация
1	Тема 1. Диа-, пара- и ферромагнетики	ПК-2, 4, 9	знает	Курсовая работа, отчет по лабораторной работе 6	Экзамен, вопросы 1-5
			умеет	Курсовая работа, отчет по лабораторной работе 6	Экзамен, вопросы 1-5
			владеет	Курсовая работа, отчет по лабораторной работе 6	Экзамен, вопросы 1-5
2	Тема 2. Магнитные анизотропии	ПК-2, 4, 9	знает	Курсовая работа, отчет по лабораторной работе 7	Экзамен, вопросы 6-11
			умеет	Курсовая работа, отчет по лабораторной работе 7	Экзамен, вопросы 6-11
			владеет	Курсовая работа, отчет по лабораторной работе 7	Экзамен, вопросы 6-11
3	Тема 3. Доменные структуры	ПК-2, 4, 9	знает	Курсовая работа, отчет по лабораторной работе 8	Экзамен, вопросы 12-16
			умеет	Курсовая работа, отчет по лабораторной работе 8	Экзамен, вопросы 12-16

				лабораторной работе 8	
			владеет	Курсовая работа, отчет по лабораторной работе 8	Экзамен, вопросы 12-16
4	Тема 4. Получение наноструктур	ПК-2, 4, 9	знает	Курсовая работа, отчет по лабораторной работе 9	Экзамен, вопросы 16-22
			умеет	Курсовая работа, отчет по лабораторной работе 9	Экзамен, вопросы 16-22
			владеет	Курсовая работа, отчет по лабораторной работе 9	Экзамен, вопросы 16-22
5	Тема 5. Свойства наноструктур	ПК-2, 4, 9	знает	Курсовая работа, отчет по лабораторной работе 10	Экзамен, вопросы 23-27
			умеет	Курсовая работа, отчет по лабораторной работе 10	Экзамен, вопросы 23-27
			владеет	Курсовая работа, отчет по лабораторной работе 10	Экзамен, вопросы 23-27

Типовые контрольные задания, методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений и навыков и (или) опыта деятельности, а также критерии и показатели, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и характеризующие этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы, представлены в Приложении 2.

V. СПИСОК УЧЕБНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ И ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Основная литература

1. Драгунов В.П., Остертак Д.И. Микро- и наноэлектроника: Учебное пособие для ВУЗов — Новосибирск, НГТУ, 2012. — 38 с.
<http://www.iprbookshop.ru/45107.html>
2. Берлин Б.В. Получение тонких пленок реактивным магнетронным распылением [Электронный ресурс]/ Берлин Б.В., Сейдман Л.А. — Электрон. текстовые данные.— М.: Техносфера, 2014.— 256 с.
<http://www.iprbookshop.ru/31877.html>
3. Старостин В.В. Материалы и методы нанотехнологии : учебное пособие / под общ. ред. Л.Н. Патрикеева. — М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2008. — 431 с.
<http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:265078&theme=FEFU>
4. 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>
5. Бондаренко Г. Г., Кабанова Т. А., Рыбалко В. В. Материаловедение — М.: Юрайт, 2012. — 360 с.
<http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:670440&theme=FEFU>

Дополнительная литература

1. Юраков Ю.А. Получение тонких пленок сложного состава методом испарения и конденсации в вакууме: учебно-методическое пособие для вузов. — Воронеж: Изд-во ВГУ, 2008. — 18 с.
<http://window.edu.ru/resource/535/65535>
2. Воротынцев В.М. Скупов В.Д. Базовые технологии микро- и наноэлектроники: учебное пособие / М.: Проспект, 2018. — 520 с.
<http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=469679>
3. Савельев, И.В. Курс общей физики. В 5-и тт. Том 2. Электричество и магнетизм [Электронный ресурс]: учебное пособие / И.В. Савельев. — Электрон. дан. — Санкт-Петербург: Лань, 2011. — 352 с.
<https://e.lanbook.com/book/705>

Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

1. Нанотехнологии в России <http://www.nanonewsnet.ru>
2. Российский электронный наножурнал <http://www.nanorf.ru>
3. Журнал «Наука и жизнь» <https://www.nkj.ru>
4. Федеральный портал «Российское образование» <http://www.edu.ru/>
5. Федеральное хранилище «Единая коллекция цифровых образовательных ресурсов» <http://school-collection.edu.ru/>
6. www.biblioclub.ru - Электронная библиотечная система «Университетская библиотека - online».
7. www.iqlib.ru - Интернет-библиотека образовательных изданий, в который собраны электронные учебники, справочные и учебные пособия www.affp.mics.msu.su

Перечень информационных технологий и программного обеспечения

1. Программный пакет для набора текста и презентаций Microsoft office 2016.
2. Программа для анализа доменной структуры Gwyddion версии 2.5 и выше. Распространяется свободно.
3. Программный пакет Microsoft Excel 2016 для построения графиков и таблиц

VI. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

Приступить к освоению дисциплины следует в самом начале учебного семестра. Рекомендуется изучить структуру и основные положения Рабочей программы учебной дисциплины (РПУД). Обратите внимание, что кроме аудиторной работы (лекции, практические занятия) планируется самостоятельная работа, результаты которой влияют на окончательную оценку по итогам освоения учебной дисциплины. Все аудиторные и

самостоятельные задания необходимо выполнять и предоставлять на оценку в соответствии с планом-графиком.

Использование материалов учебно-методического комплекса

Для успешного освоения дисциплины следует использовать содержание разделов учебно-методического комплекса дисциплины: рабочей программы, лекционного курса, материалов практических занятий, методических рекомендаций по организации самостоятельной работы студентов, глоссария, перечня учебной литературы и других источников информации, контрольно-измерительных материалов (тесты, опросы, вопросы зачета), а также дополнительных материалов.

Рекомендации по подготовке к лекционным и практическим занятиям

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.

Основной целью проведения практических 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 практическим 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.

При подготовке к текущему контролю и промежуточной аттестации использовать материалы РПУД (Приложение 2. Фонд оценочных средств).

На самостоятельную работу выносятся подготовка к практическим занятиям.

При подготовке к практическим занятиям необходимо ознакомиться с материалами из основной и дополнительной литературы, выучить основной теоретический материал по теме, при необходимости, воспользоваться литературой на русском языке и/или источниками в информационно-телекоммуникационной сети "Интернет".

VII. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

В лаборатории «Пленочных технологий» при кафедре физики низкоразмерных структур имеются установки, необходимые для получения наноструктурированных пленок и магнитных наносистем (Вакуумные установки Omicron, оснащенные методами исследования структурных свойств пленок). Также имеются установки для измерения магнитных свойств пленок: вибрационный магнетометр, магнетометр на основе эффекта Керра, сканирующая электронная микроскопия, атомная силовая микроскопия, магнитная силовая микроскопия, Керр-микроскоп.

На кафедре и в библиотеке имеется необходимая литература для освоения читаемого курса и самостоятельной работы студентов. Аудитории Лабораторного корпуса оснащены современными компьютерами и мультимедийными (презентационными) системами, с подключением к общекорпоративной компьютерной сети ДВФУ и сети Интернет.



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

ШКОЛА ЕСТЕСТВЕННЫХ НАУК

**УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ
РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ**

**по дисциплине «Физика магнитных явлений. Спинтроника и
орбитроника»**

Направление подготовки 11.03.04 Электроника и наноэлектроника

Форма подготовки очная

Владивосток

2018

**План-график выполнения самостоятельной работы по дисциплине
«Физика наноструктурированных пленок и магнитных наносистем»**

№ п/п	Дата/сроки выполнения	Вид самостоятельной работы	Примерные нормы времени на выполнение	Форма контроля
1	1-2 неделя семестра	Подготовка к семинару 1	4 час.	Семинар
2	3-4 недели семестра	Подготовка к семинару 2, написание отчета по лабораторной работе 6	4 час.	Семинар
3	5-6 недели семестра	Подготовка к семинару 3	4 час.	Семинар
4	7-8 недели семестра	Подготовка к семинару 4, написание отчета по лабораторной работе 7	3 час.	Семинар
5	9-10 недели семестра	Подготовка к семинару 5, написание отчета по лабораторной работе 8	3 час.	Семинар
6	11-12 неделя семестра	Подготовка к семинару 6	3 час	Семинар
7	13-14 недели семестра	Подготовка к семинару 7, написание отчета по лабораторной работе 9	3 час.	Семинар
8	15-16 недели семестра	Подготовка к семинару 8	3 час.	Семинар
9	17-18 недели семестра	Подготовка к семинару 9, написание отчета по лабораторной работе 10	3 час.	Семинар
Итого			30 час.	

Рекомендации по самостоятельной работе студентов

Самостоятельная работа студентов состоит из работы над рекомендованной литературой, подготовки к практическим занятиям, написания отчетов по лабораторным работам, написания курсовой работы.

Характеристика заданий для самостоятельной работы обучающихся и методические рекомендации по их выполнению

Перед каждой лабораторной работой студентам дается список ключевых вопросов на самостоятельное изучение. Часть этих вопросов была рассмотрена в ходе лекционного занятия. Студенты готовятся по полученным вопросам, а затем участвуют в дискуссии по заданным вопросам на лабораторной работе. После лабораторных работ 6-10 студенты должны предоставить отчет с обработанными научными результатами и выводами.

Задания на самостоятельную работу студентов разбиты по темам лабораторных работ:

Задание 1. Вакуумные системы (5 час.)

Вопросы: вакуумные насосы, горизонтальные манипуляторы, вертикальные манипуляторы, гофрированные трубы, иллюминаторы, системы нагрева и охлаждения, вакуумные токовводы, системы напуска газов, игольчатые клапаны, пневматические заслонки, ионные лампы, системы определения давления, вакуумные смазки, вакуумные масла в насосах, их характеристики, гелиевые течеискатели, квадрупольные масс-спектрометры.

Задание 2. Методы осаждения тонких пленок (5 час)

Вопросы: резистивный метод, материалы спиралей, преимущества и недостатки метода, термический метод, эффузионные ячейки, характеристики метода, его преимущества и недостатки, электронно-лучевой метод, характеристики метода, его преимущества и недостатки, магнетронный и ионно-плазменный методы, их преимущества и недостатки, сравнительный анализ всех методов.

Задание 3. Фотолитография (5 час)

Вопросы: дифракция быстрых электронов, устройство пушки, система линз, фокусировка электронного пучка, предельное разрешение, флуоресцентные экраны, рентгеновская спектроскопия, материалы катодов, устройство пушки, длины волн излучений, полусферический перестраиваемый детектор, принципы работы, точность, ультрафиолетовая спектроскопия, принципы функционирования пушки, диапазоны длин волн получаемых спектров, сканирующая туннельная микроскопия, послойное травление аргоновым пучком, система предварительной очистки поверхности ионами аргона, какую информацию можно получить отдельным методом исследования.

Задание 4. Сканирующий электронный микроскоп (5 час)

Вопросы: Физические принципы сканирующей электронной микроскопии, устройство сканирующего электронного микроскопа, данные, получаемые с помощью сканирующего электронного микроскопа, типы образцов, которые можно исследовать, проблема стекания заряда, предельное разрешение.

Задание 5. Электронно-лучевая литография (5 час)

Вопросы: Принцип формирования шаблона на полимерной пленке электронным пучком. Физико-химические основы процесса взаимодействия электронного пучка с полимером. Этапы процесса: подготовка образца, создание цифрового шаблона, расчет параметров экспонирования, экспозиция, проявка, удаление резиста, Обзор и сравнение нанолитографов. Физический предел разрешения. Используемые резисты и их характеристики. Проектирование шаблона наноструктур. Система Raith e-Line на базе SEM Zeiss Crossbeam. Возможности системы. Принцип работы. Подготовка подложек для экспонирования (методы очистки поверхности, центрифугирование резистов, сушка в печи).

Задание 6. Вибромагнитометр (5 час)

Вопросы: Устройство вибромагнитометра, параметры вибромагнитометра Lakeshore 7400, физические принципы работы вибромагнитометра, калибровка магнитного момента, влияние формы образца на измерения, измерение энергии магнитной анизотропии, механизмы перемагничивания наночастиц

Задание 7. Магнитометр на основе эффекта Керра (5 час)

Вопросы: Эффект магнитооптического эффекта Керра, продольный, поперечный и полярный эффекты Керра, устройство магнитометра Nanoscope-2, основанного на эффекте Керра, принципы работы магнитометра, причины неоднородности магнитных свойств образцов, измерения эллиптичности и вращения.

Задание 8. Микроскоп на основе эффекта Керра (5 час)

Вопросы: Эффект магнитооптического эффекта Керра, продольный, поперечный и полярный эффекты Керра, устройство микроскопа Evico-magnetics, основанного на эффекте Керра, принципы работы микроскопа, виды доменных структур, типы доменных границ, система виброизоляции, система оптической стабилизации, предельное разрешение, иммерсионная Керр-микроскопия

Задание 9. Магнитно-силовой микроскоп (5 час)

Вопросы: Устройство магнитно-силового микроскопа Nt-MDT Integra Aura, принципы работы, виды магнитных кантиллеров, предельное разрешение, размер области сканирования, влияние кантиллера на образец, время получения скана, сравнение с Керр-микроскопом.

Пример задания по лабораторной работе №6, по которой требуется подготовить отчет

1. По измеренным петлям магнитного гистерезиса рассчитать поля магнитной анизотропии между заданными направлениями:
 - а. Между направлением, перпендикулярным плоскости пленки, и легким направлением намагничивания, принадлежащим плоскости пленки
 - б. Между трудным и легкими направлениями в плоскости пленки
 - в. Между направлением, перпендикулярным плоскости пленки, и направлением, лежащим под 45° относительно нормали к поверхности пленки.
2. Оценить магнитный объем образца и рассчитать намагниченность насыщения материала образца.
3. Определить энергии магнитной анизотропии между направлениями, указанными в пункте 1.
4. Сделать выводы.

Требования к представлению и оформлению результатов самостоятельной работы

Результаты самостоятельной работы отражаются в ходе семинарских занятий и при защите отчетов по лабораторным работам. Если после лабораторной работы задается домашнее задание по определению того или иного физического параметра, то оно должно быть оформлено в электронном виде в виде отчета и защищено. К представлению и оформлению отчетов по лабораторным работам предъявляются следующие требования.

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 (подрубик) 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-подрубик-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

Оценивание лабораторных работ проводится по критериям:

- полнота и качество выполненных заданий;
- владение методами и приемами компьютерного моделирования в исследуемых вопросах, применение специализированных программных средств;
- качество оформления отчета, использование правил и стандартов оформления текстовых и электронных документов;
- использование данных отечественной и зарубежной литературы, источников сети Интернет, информации нормативно-правового характера и передовой практики;
- отсутствие фактических ошибок, связанных с пониманием проблемы.

Оценивание подготовки к семинарским занятиям проводится по критериям:

- полнота и качество ответов на теоретические вопросы;
- отсутствие логических ошибок, связанных с пониманием материала;
- отсутствие ошибок в формулах, выражениях, характеризующих рассматриваемый процесс, явление;
- отсутствие значительных ошибок в приводимых количественных характеристиках приборов и материалов.

Курсовое проектирование

По дисциплине предусмотрена курсовая работа. Курсовая работа выполняется по результатам выполненных домашних заданий. Каждый студент получает экспериментальные данные определенного образца. В результате выполнения всех домашних заданий у студентов накапливаются экспериментальные данные о структурных и магнитных свойствах определенного образца. Студентам необходимо уточнить у преподавателя его состав и условия получения. Затем данные объединяются в экспериментальный блок курсовой работы. Структура курсовой работы должна быть следующей:

- Титульный лист (приложение 3)
- Содержание
- Основная часть
 - Введение (актуальность исследования данного объекта)
 - Литературный обзор по тематике исследования
 - Описание экспериментальных методов исследования, физических принципов функционирования лабораторных установок
 - Полученные научные результаты, анализ результатов
 - Выводы
- Список использованных источников и литературы
- Приложения

Оформление курсовой работы производится в соответствии с требованиями.

Курсовое проектирование

Курсовая работа составляется в соответствии с программой учебной дисциплины. Объем курсовой работы должен составлять 20-25 страниц машинописного текста (без учета приложений). Курсовая работа оформляется на бумаге формата А4 (210x297 мм) и брошюруется в единый блок. Текст излагается на одной стороне листа, шрифтом Times New Roman, 14 размером, через 1,5 интервала. Каждая страница работы оформляется со следующими полями: левое - 30 мм; правое - 10 мм; верхнее - 20 мм; нижнее - 20 мм. Абзацный отступ в тексте - 1,5 см. Все страницы работы должны иметь сквозную нумерацию, включая приложения. Нумерация производится арабскими цифрами, при этом порядковый номер страницы ставится в нижнем правом углу, начиная с оглавления после титульного листа.

Курсовая работа должна быть иллюстрирована таблицами, графиками, схемами, заполненными бланками, рисунками. Титульный лист включается в общую нумерацию страниц, однако номер страницы на титульном листе не проставляется. Цифровой материал должен оформляться в виде таблиц. Таблицу следует располагать в отчете непосредственно после текста, в котором она упоминается впервые, или на следующей странице. На все приводимые таблицы и рисунки должны быть ссылки в тексте отчета. Таблицы следует нумеровать арабскими цифрами порядковой нумерацией в пределах всего текста отчета. Рисунки (чертежи, графики, схемы, компьютерные распечатки, диаграммы, фотоснимки) следует располагать в работе непосредственно после текста, в котором они упоминаются впервые, или на следующей странице. Ссылаться на рисунок в тексте нужно следующим образом: (рис. 1) или на рис. 1. Также в подписи к рисункам используется сокращение Рис. 1, а не полное слово Рисунок 1.

Надписи на рисунках должны быть хорошо читаемы. Обязательно подписывать координатные оси на рисунках. Информация, приводимая на

рисунках, должна быть понятна. Не следует перегружать рисунки лишними подписями в графическом виде. Если для понимания рисунка требуется дополнительная информация, ее можно привести в подписи к рисунку.



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

ШКОЛА ЕСТЕСТВЕННЫХ НАУК

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ
по дисциплине «Физика магнитных явлений. Спинтроника и
орбитроника»
Направление подготовки 11.03.04 Электроника и наноэлектроника
Форма подготовки очная

Владивосток
2018

Код и формулировка компетенции	Этапы формирования компетенции	
ПК- 2, способность аргументированно выбирать и реализовывать на практике эффективную методику экспериментального исследования параметров и характеристик приборов, схем, устройств и установок электроники и наноэлектроники различного функционального назначения	знает	Теоретические основы наномagnetизма
	умеет	Решать задачи по определению магнитных характеристик исследуемого объекта
	владеет	Теоретическими знаниями, необходимыми для понимания и анализа получаемых экспериментальных результатов
ПК- 4, способность проводить комплексные исследования на различных экспериментальных установках взаимодополняющим и методами с последующим анализом и теоретическим моделированием полученных данных	знает	Как функционируют экспериментальные установки, предназначенные для измерения магнитных свойств и характеристик исследуемых объектов
	умеет	Работать на экспериментальных установках
	владеет	Экспериментальными методиками, согласно которым можно определить магнитные характеристики исследуемых объектов
ПК-9, способность выполнять работы по технологической подготовке производства материалов и изделий электронной техники	знает	Основные теоретические положения, необходимые для правильного анализа полученных результатов
	умеет	Анализировать и правильно интерпретировать полученные экспериментальные результаты. Оформлять полученные результаты в форме отчетов и статей
	владеет	Навыками написания курсовых работ, в рамках которых отражаются навыки студента работать с проектно-технической документацией

			Оценочные средства
--	--	--	--------------------

№ п/п	Контролируемые разделы / темы дисциплины	Коды и этапы формирования компетенций		текущий контроль	промежуточная аттестация
1	Тема 1. Диа-, пара- и ферромагнетики	ПК-2, 4, 9	знает	Курсовая работа, отчет по лабораторной работе 6	Экзамен, вопросы 1-5
			умеет	Курсовая работа, отчет по лабораторной работе 6	Экзамен, вопросы 1-5
			владеет	Курсовая работа, отчет по лабораторной работе 6	Экзамен, вопросы 1-5
2	Тема 2. Магнитные анизотропии	ПК-2, 4, 9	знает	Курсовая работа, отчет по лабораторной работе 7	Экзамен, вопросы 6-11
			умеет	Курсовая работа, отчет по лабораторной работе 7	Экзамен, вопросы 6-11
			владеет	Курсовая работа, отчет по лабораторной работе 7	Экзамен, вопросы 6-11
3	Тема 3. Доменные структуры	ПК-2, 4, 9	знает	Курсовая работа, отчет по лабораторной работе 8	Экзамен, вопросы 12-16
			умеет	Курсовая работа, отчет по лабораторной работе 8	Экзамен, вопросы 12-16
			владеет	Курсовая работа, отчет по лабораторной работе 8	Экзамен, вопросы 12-16
4	Тема 4. Получение наноструктур	ПК-2, 4, 9	знает	Курсовая работа, отчет по лабораторной работе 9	Экзамен, вопросы 16-22

			умеет	Курсовая работа, отчет по лабораторной работе 9	Экзамен, вопросы 16-22
			владеет	Курсовая работа, отчет по лабораторной работе 9	Экзамен, вопросы 16-22
5	Тема 5. Свойства наноструктур	ПК-2, 4, 9	знает	Курсовая работа, отчет по лабораторной работе 10	Экзамен, вопросы 23-27
			умеет	Курсовая работа, отчет по лабораторной работе 10	Экзамен, вопросы 23-27
			владеет	Курсовая работа, отчет по лабораторной работе 10	Экзамен, вопросы 23-27

Шкала оценивания уровня сформированности компетенций

Код и формулировка компетенции	Этапы формирования компетенции		критерии	показатели
ПК-2, способность аргументированно выбирать и реализовывать на практике эффективную методику экспериментального исследования параметров и характеристик приборов, схем, устройств и установок электроники и нанoeлектроники различного функционального назначения	знает (пороговый уровень)	Физические основы методов магнетронного и термического осаждения тонких пленок, основы вакуумной техники	Воспроизводит и объясняет учебный материал с требуемой степенью научной точности и полноты	Знает теорию ферромагнетизма, усвоил особенности магнетизма тонких пленок и магнитных наноструктур
	умеет (продвинутой)	Работать с электронным оборудованием, необходимым для реализации процесса	Определить магнитные характеристики образца по экспериментальным данным	Определить магнитную анизотропию, полярные диаграммы, доменную структуру, рампределиение коэрцитивной силы по поверхности пленки

		напыления тонких пленок		
	владеет (высокий)	Навыками перемещения образцов внутри вакуумной камеры, управления источниками напыляемых материалов, перезагрузки и чистки образцов	Навыками работы с экспериментальным оборудованием, предназначенным для измерения магнитных свойств образцов	Способен работать на вибромагнитометре, Керр-магнитометре, Керр-микроскопе, магнитно-силовом микроскопе
ПК- 4, способность проводить комплексные исследования на различных экспериментальных установках взаимодополняющими методами с последующим анализом и теоретическим моделированием полученных данных	Знает (пороговый уровень)	Как строится научно-исследовательский проект, его структуру и основные составные части	Грамотно составляет научный отчет	Отчет составлен правильно, экспериментальные результаты представлены надлежащим образом
	умеет (продвинутой)	Выбирать и реализовать эффективную методику экспериментальных исследований	Методика обработки экспериментальных результатов выбрана верно	Экспериментальные результаты обработаны полно
	владеет (высокий)	Общей характеристикой работ по формированию новых объектов электроники и микроэлектроники	Знаниями, которые позволяют анализировать обработанные экспериментальные результаты	Правильно сделанные выводы в отчетах по лабораторным работам
ПК-9, способностью выполнять работы по технологической подготовке производства	Знать (пороговый уровень)	Основные теоретические положения, необходимые для правильного	Курсовая работа составлена грамотно и в соответствии с требованиями	Структура курсовой работы, ее объем, полнота, правильность выводов

материалов и изделий электронной техники		анализа полученных результатов		
	Уметь (продвинутой)	Анализировать и правильно интерпретировать полученные экспериментальные результаты. Оформлять полученные результаты в форме отчетов и статей	В курсовой работе произведен полный анализ магнитных свойств исследуемого объекта	Материал, полученный в ходе анализа экспериментальных данных, логически связан. Прослеживается общее понимание студентом результатов исследования магнитного объекта.
	Владеть (высокий)	Навыками написания курсовых работ, в рамках которых отражаются навыки студента работать с проектно-технической документацией	Выводы курсовой работы отражают полное исследование объекта	Анализ результатов, полученных в ходе выполнения отдельных заданий, приводит к общему и связному заключению, отраженному в выводах курсового проекта

Методические рекомендации, определяющие процедуры оценивания результатов освоения дисциплины «Физика магнитных явлений.

Спинтроника и орбитроника»

Текущая аттестация студентов. Текущая аттестация студентов по дисциплине «Физика магнитных явлений. Спинтроника и орбитроника» проводится в соответствии с локальными нормативными актами ДВФУ и является обязательной. Текущая аттестация по дисциплине «Физика магнитных явлений. Спинтроника и орбитроника» проводится в форме контрольных мероприятий (активных лабораторных работ и защите отчетов по домашним заданиям) по оцениванию фактических результатов обучения студентов и осуществляется ведущим преподавателем.

Объектами оценивания выступают:

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

По каждому объекту дается характеристика процедур оценивания в привязке к используемым оценочным средствам.

Критерии оценки работы на семинарском занятии

Оценка	50-60 баллов (неудовлетворительно)	61-75 баллов удовлетворительно)	76-85 баллов (хорошо)	86-100 баллов (отлично)
Критерии	Содержание критериев			
Учебная дисциплина	Посещение менее 50% от общего количества занятий	Посещение от 50 до 65% от общего количества занятий	Посещение от 65 до 75% от общего количества занятий	Посещение от 75 до 100% от общего количества занятий
Степень усвоения теоретических знаний	В дискуссии на лабораторной работе не принимает участия	Принимает участие в дискуссии, ориентируется в проблеме, но допускает много ошибок, не может полностью раскрыть даже один вопрос по заданной теме	Принимает участие в дискуссии занятия, может раскрыть заданный вопрос	Активно принимает участие в дискуссии на лабораторной работе, дополняет ответы других участников семинара
Уровень овладения практическими умениями	Графический материал в отчетах не оформлен надлежащим образом	Графический материал оформлен в соответствии с требованиями, но с множеством ошибок	Графический материал оформлен в соответствии с требованиями, но с недочетами	Графический материал оформлен в соответствии с требованиями
Результаты самостоятельной работы	Отчеты не выполнены в полном объеме	Отчеты выполнены, но со множеством ошибок в выводах	Отчеты выполнены без существенных ошибок	Отчеты выполнены, выводы корректны

		оформлении работ		
--	--	------------------	--	--

Критерии оценки защиты курсовой работы

Объектами оценивания выступают:

- раскрытие литературного обзора (объем материала, соответствие литературного обзора поставленной цели исследования, актуальность рассмотренных статей);
- раскрытие экспериментальных методов (понимание физических принципов функционирования установок);
- представленные результаты (объем результатов, анализ, правильно сделанные выводы);
- оформление и презентация (правильное оформление отчета по курсовой и качество доклада).

По каждому объекту дается характеристика процедур оценивания в привязке к используемым оценочным средствам.

Оценка	50-60 баллов (неудовлетворительно)	61-75 баллов удовлетворительно)	76-85 баллов (хорошо)	86-100 баллов (отлично)
Критерии	Содержание критериев			
Раскрытие литературного обзора	Литературный обзор не соответствует объекту исследования либо менее 2 стр.	Литературный обзор от 2 до 5 стр.	Литературный обзор от 5 до 7 стр.	Литературный обзор более 7 стр.
Раскрытие экспериментальных методов	Экспериментальные методы не раскрыты совсем	Экспериментальные методы указаны, но не понятны их физические принципы функционирования	Экспериментальные методы раскрыты, но недостаточно глубоко	Студент полностью понимает функционирование экспериментальных установок и может объяснить, какие физические явления лежат

				в основе их работы
Представленные результаты	Результаты не оформлены, или не по всем заданиям, или отсутствуют выводы	Результаты оформлены правильно, по всем заданиям, но есть ошибки в анализе и выводах	Результаты оформлены правильно, по всем заданиям, но есть незначительные ошибки в анализе и выводах	Результаты оформлены правильно и по всем заданиям
Оформление и презентация	Студент не готов к докладу	Студент может сделать доклад, но говорит неуверенно, что объясняется отсутствием понимания заданной проблемы или отсутствием результатов	Студент докладывает материал, но недостаточно ярко и уверенно, либо презентация менее 7 мин., либо объем презентации менее 10 слайдов	Презентация яркая, речь уверенная, объем презентации более 10 слайдов, длительность более 7 мин., студент отвечает на большинство вопросов

Промежуточная аттестация студентов. Промежуточная аттестация студентов по дисциплине «Физика магнитных явлений. Спинтроника и орбитроника» проводится в соответствии с локальными нормативными актами ДВФУ и является обязательной.

Промежуточная аттестация по дисциплине «Физика магнитных явлений. Спинтроника и орбитроника» проводится в виде экзамена, форма экзамена – два письменных вопроса (форма экзаменационного билета приведена в Приложении 4), на которые студенту дается 40 мин, затем 2 устных вопроса. Допуск к экзамену возможен только после сдачи домашних заданий, защиты всех семинарских занятий и защиты курсовой работы.

Вопросы к экзамену

1. Намагниченность, магнитный момент кругового витка с током, магнитная индукция, магнитный поток, магнитная восприимчивость, виды магнетиков

2. Потенциальная энергия магнитного момента в магнитном поле, момент вращения, поле рамки с током, петля магнитного гистерезиса, коэрцитивная сила, намагниченность насыщения Магнитомеханические явления, орбитальные и спиновые механические и магнитные моменты электрона, гиромагнитное отношение, магнетон Бора, опыты Эйнштейна де Гааз
3. Поле размагничивания, коэффициенты размагничивания, частный случаи вытянутого эллипсоида (нанопроволока), сплюснутого эллипсоида (тонкая пленка), магнитные измерения в открытых магнитных цепях
4. Диамагнетизм, орбитальный магнитный момент, спиновый магнитный момент, магнетон Бора, Ларморова частота, диамагнитный момент
5. Классическая теория парамагнетизма. Магнитный момент атома. Намагничивание парамагнетика. Закон Кюри-Вейсса.
6. Квантовая теория парамагнетизма. Полный магнитный момент. G-фактор, эффективный магнитный момент, проекция эффективного магнитного момента на ось поля. Намагничивание парамагнетика. Закон Кюри-Вейсса Ферромагнетизм. Теория молекулярного поля. Закон Кюри-Вейсса
7. Намагничивание ферромагнетиков. Обменное взаимодействие. Кривая Слэтера. Зонная теория ферромагнетизма
8. Магнитная анизотропия. Магнитокристаллическая анизотропия в кубических кристаллах. Формула Акулова. Ферромагнетик с кубической симметрией во внешнем магнитном поле
9. Магнитная анизотропия в гексагональных кристаллах. Ферромагнетик с одноосной анизотропией во внешнем магнитном поле
10. Измерение магнитной анизотропии из кривых намагничивания, с помощью расчета и с помощью метода площадей
11. Анизотропия формы. Случаи нанопроволоки и тонкой пленки. Сложение двух одноосных анизотропий.

12. Перпендикулярная магнитная анизотропия. Поверхностная анизотропия. Эффективная анизотропия в тонких пленках с перпендикулярной магнитной анизотропией
13. Доменная структура ферромагнетиков. Разбиение на домены. Типы доменных границ
14. Полосовые домены с замкнутым и незамкнутым потоком
15. Цилиндрические магнитные домены. Пузырьковые домены.
16. Однодоменная частица. Модель Стонера-Вольфартца. Механизмы перемагничивания.
17. Фотолитография. Физические принципы. Устройство установки. Предельное разрешение. Типы фоторезистов. Защитные маски.
18. Электронно-лучевая литография. Физические принципы. Устройство установки. Предельное разрешение. Типы фоторезистов. Подготовка подложек для экспонирования (методы очистки поверхности, центрифугирование резистов, сушка в печи).
19. Сканирующая электронная микроскопия. Устройство типового микроскопа. Применение. Вид получаемой информации. Разрешение. Типы исследуемых образцов.
20. Наноточки. Массивы наноточек. Магнитные свойства. Механизмы перемагничивания.
21. Нанопроволоки и нанополоски. Магнитные свойства. Механизмы перемагничивания.
22. Массивы наноточек и нанопроволок.
23. Перспективы применения магнитных наночастиц в устройствах записи информации
24. Вибрационный магнитометр. Устройство, принципы работы.
25. Магнитометр на основе эффекта Керра. Устройство, принципы работы.
26. Микроскоп на основе эффекта Керра. Устройство, принципы работы.
27. Магнитно-силовой микроскоп. Устройство, принципы работы.

Критерии выставления оценки студенту на экзамене по дисциплине «Физика магнитных явлений. Спинтроника и орбитроника»:

Баллы (рейтинговой оценки)	Оценка экзамена (стандартная)	Требования к сформированным компетенциям
86 -100	отлично	Оценка «отлично» выставляется студенту, если он полностью усвоил программный материал, исчерпывающе, последовательно, четко и логически стройно его излагает, умеет тесно увязывать теорию с практикой, свободно справляется с задачами, вопросами и другими видами применения знаний, причем не затрудняется с ответом при видоизменении заданий, использует в ответе материал монографической литературы, правильно обосновывает принятое решение, владеет разносторонними навыками и приемами выполнения практических задач.
76 - 85	хорошо	Оценка «хорошо» выставляется студенту, если он твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос, правильно применяет теоретические положения при решении практических вопросов и задач, владеет необходимыми навыками и приемами их выполнения.
61 -75	удовлетворительно	Оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если он имеет знания только основного материала, но не усвоил его деталей, допускает неточности, недостаточно правильные формулировки, нарушения логической последовательности в изложении программного материала, испытывает затруднения при решении задач.
0 -60	неудовлетворительно	Оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, который не знает значительной части программного «не материала, допускает существенные ошибки, неуверенно, с большими затруднениями выполняет решение задач. Как правило, оценка «неудовлетворительно» «неудовлетворительно» ставится студентам, которые не могут продолжить обучение без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине.

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

ШКОЛА ЕСТЕСТВЕННЫХ НАУК

Кафедра физики низкоразмерных структур

ФИО студента

НАЗВАНИЕ ТЕМЫ КУРСОВОЙ РАБОТЫ

КУРСОВАЯ РАБОТА

Студент гр. _____
(подпись)

Руководитель должность, звание ФИО

Консультант должность, звание ФИО

Регистрационный № _____

Оценка _____

_____ И.О.Фамилия
подпись
« _____ » _____ 2018 г.

_____ И.О.Фамилия
подпись
« _____ » _____ 2018 г.

г. Владивосток
2018

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования

«Дальневосточный федеральный университет»

Школа **Естественных наук**

ООП **11.03.04**

шифр, название направления подготовки (специальности)

Дисциплина **Физика наноструктурированных пленок и магнитных наносистем**

Форма обучения очная

Семестр осенний 2018 - 2019 учебного года

осенний, весенний

Реализующая кафедра Физики низкоразмерных структур

Экзаменационный билет № 1

1. Вибрационный магнитометр
2. Магнитная анизотропия. Магнитокристаллическая анизотропия в кубических кристаллах. Формула Акулова. Ферромагнетик с кубической симметрией во внешнем магнитном поле

Зав. кафедрой _____