



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

**ИНСТИТУТ НАУКОЕМКИХ ТЕХНОЛОГИЙ И ПЕРЕДОВЫХ МАТЕРИАЛОВ**

«СОГЛАСОВАНО»  
Руководитель ОП

(подпись)

Крайнова Г.С.

(Ф.И.О.)

« 15 » декабря 2021 г.

«УТВЕРЖДАЮ»

И. о. директора Департамента общей и  
экспериментальной физики

(подпись)

В. В. Короченцев

(Ф.И.О.)

« 15 » декабря 2021 г.



**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

Физика магнитных явлений

Направление подготовки 11.03.04 Электроника и наноэлектроника

Нанотехнологии в электронике

Форма подготовки очная

курс 4 семестр 7

лекции 30 час.

практические занятия не предусмотрены

лабораторные работы 30 час.

в том числе с использованием МАО лек.     -     / пр.     -     / лаб. 18 час.

всего часов аудиторной нагрузки 60 час.

в том числе с использованием МАО 18 час.

самостоятельная работа 84 час.

в том числе на подготовку к экзамену 27 час.

контрольные работы (количество) 2 шт.

курсовая работа / курсовой проект 7 семестр

зачет не предусмотрен

экзамен 7 семестр

Рабочая программа составлена в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта по направлению подготовки 11.03.04 **Электроника и наноэлектроника**, утвержденного приказом Министерства образования и науки РФ от 19 сентября 2017 г. № 927 (с изменениями и дополнениями).

Рабочая программа обсуждена на заседании  
департамента общей и экспериментальной физики  
протокол № 3 от «29» ноября 2021 г.

И. о. директора  
департамента

к.х.н., доцент Короченцев В. В.

Составитель (ли):

к.ф.-м.н. Давыденко А.В.

Владивосток, 2021

**Оборотная сторона титульного листа РИД**

**I. Рабочая программа пересмотрена на заседании кафедры/департамента:**

Протокол от « \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_\_

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_  
(подпись) (И.О. Фамилия)

**II. Рабочая программа пересмотрена на заседании кафедры/департамента:**

Протокол от « \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_\_

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_  
(подпись) (И.О. Фамилия)

**III. Рабочая программа пересмотрена на заседании кафедры/департамента:**

Протокол от « \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_\_

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_  
(подпись) (И.О. Фамилия)

**IV. Рабочая программа пересмотрена на заседании кафедры/департамента:**

Протокол от « \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_\_

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_  
(подпись) (И.О. Фамилия)

## Цели и задачи освоения дисциплины:

Цель: изучение магнитных материалов, их поведения в составе макрообъектов и низкоразмерных систем при перемагничивании, механизмов перемагничивания, основных понятий наномагнетизма.

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» у обучающихся должны быть сформированы следующие предварительные компетенции:

- УК-1.2. Выбирает современные методы информационных технологий и программные средства поиска, сбора, обработки, и передачи научной информации для решения стандартных задач
- УК-1.4. Осуществляет работу с информационными источниками, научный поиск и анализ информации для решения поставленных задач
- ОПК-1.1. Формулирует фундаментальные законы природы и основные физические и математические законы;
- ОПК-1.2. Применяет физические законы и математические методы для решения задач теоретического и прикладного характера;
- ОПК-2.3. Применяет основные методы и средства проведения экспериментальных исследований и измерений.

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
Научно-исследовательский	ПК-1 Способен строить простейшие физические и математические модели приборов, схем,	ПК-1.1. Использует методики построения физических и математических моделей устройств и

	устройств и установок электроники и наноэлектроники различного функционального назначения, а также использовать стандартные программные средства их компьютерного моделирования	установок электроники и наноэлектроники
--	---	---

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Наименование показателя оценивания (результата обучения по дисциплине)
ПК-1.1. Использует методики построения физических и математических моделей устройств и установок электроники и наноэлектроники	Знает методики построения физических и математических моделей устройств и установок электроники и наноэлектроники
	Умеет строить физические и математические модели узлов, блоков, устройств, установок электроники и наноэлектроники
	Владет навыками построения физических и математических моделей устройств и установок электроники и наноэлектроники

## 2. Трудоёмкость дисциплины и видов учебных занятий по дисциплине

Общая трудоёмкость дисциплины составляет 4 зачётные единицы 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
Лек	Лекции
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
			Лек	Лаб	Пр	СР	Контроль	
1	Раздел I. Магнетизм тонких пленок	7	15	30	-	57	27	ПР-2, ПР-6, ПР-9
2	Раздел II. Магнитные наноструктуры		15		-			
	Итого:		30	30	-	57	27-	

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

### **Раздел 1. Магнетизм тонких пленок (15 час)**

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

Диамагнетизм. 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. Динамика намагниченности (8 час)**

Движение доменных границ. Переключение магнитных наночастиц. Прецессия намагниченности. Модель Стонера-Вольфарта. Температурные флуктуации. Магнитное затухание.

#### **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 И САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ**

### **Лабораторные работы (30 час.)**

#### **Лабораторная работа 1. Измерение магнитной анизотропии тонких пленок на вибромагнитометре (6 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, рассчитывать магнитную анизотропию по петлям магнитного гистерезиса.

#### **Лабораторная работа 2. Измерение магнитных свойств массивов нанобъектов на вибромагнитометре (4 час.)**

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

#### **Лабораторная работа 3. Исследование однородности магнитных свойств тонких пленок (6 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 4. Исследование магнитных свойств массивов нанобъектов на магнитометре Керра (4 час.)**

В данной работе студенты исследуют локальные магнитные свойства массивов нанобъектов. 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 5. Измерение энергии взаимодействия Дзялошинского-Мория с помощью Керр-микроскопа (6 час.)**

В данной работе студенты осваивают работу на Керр-микроскопе. Студенты учатся регистрировать магнитную структуру образцов при различных магнитных полях, измеряют петли магнитного гистерезиса, анализируют скорость смещения доменных границ в различных внешних магнитных полях.

#### **Лабораторная работа 6. Измерение периодичности лабиринтной доменной структуры с помощью Керр-микроскопа (4 час.)**

В данной работе студенты измеряют магнитную структуру образцов в размагниченном состоянии. Периодичность лабиринтной доменной структуры определяется с помощью статистического анализа профилей намагниченности и с помощью графического анализа Фурье.

## **Задания для самостоятельной работы (57 час.)**

*Требования:* После каждой лабораторной работы обучающемуся необходимо обработать полученные результаты, построить графики зависимостей измеряемых величин, рассчитать требуемые величины и построить рассчитанные графики, объяснить их поведение и сделать правильные выводы.

### **Задания к лабораторным работам**

#### **Лабораторная работа №1. Измерение магнитной анизотропии тонких пленок на вибромагнитометре (10 час.)**

Постройте петли магнитного гистерезиса для серии образцов при ориентации магнитного поля в плоскости и перпендикулярно плоскости образцов. Произведите вычитание фонового сигнала от подложки и держателя образца. Выровняйте петли магнитного гистерезиса по уровню насыщения магнитного сигнала. Постройте кривые намагничивания из петель магнитного гистерезиса, соответствующих намагничиванию вдоль трудной оси. Аппроксимируйте экспериментальные кривые намагничивания аналитическими функциями и найдите площадь между экспериментальной кривой намагничивания и осью магнитного момента. Рассчитайте поле и энергию, необходимую для намагничивания образца в данном направлении при известной намагниченности насыщения. Рассчитайте энергию магнитной анизотропии.

#### **Лабораторная работа №2. Измерение магнитных свойств массивов нанообъектов на вибромагнитометре (10 час.)**

Постройте петли магнитного гистерезиса для образца, вращая его по азимутальному направлению от 0 до 180° с шагом в 10 градусов. 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.

#### **Лабораторная работа №3. Исследование однородности магнитных свойств тонких пленок (10 час.)**

Обработайте измеренные петли магнитного гистерезиса с помощью специальной программы. Постройте карту распределения коэрцитивной силы по площади образца. Проанализируйте равномерность распределения коэрцитивной силы, какие участки наиболее дефектные и почему? Сделайте выводы.

#### **Лабораторная работа №4. Исследование магнитных свойств массивов нанообъектов на магнитометре Керра (7 час.)**

Постройте петли магнитного гистерезиса для образца, вращая его по азимутальному направлению от 0 до 180° с шагом в 10 градусов. 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 полученные данные с результатами лабораторной работы №2. Объясните отличие результатов. Сделайте соответствующие выводы

#### **Лабораторная работа №5. Измерение энергии взаимодействия Дзялошинского-Мория с помощью Керр-микроскопа (10 час.)**

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.

#### **Лабораторная работа №6. Измерение периодичности лабиринтной доменной структуры с помощью Керр-микроскопа (10 час.)**

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**

<b>№ п/п</b>	<b>Дата/сроки выполнения</b>	<b>Вид самостоятельной работы</b>	<b>Примерные нормы времени на выполнение</b>	<b>Форма контроля</b>
1	1 неделя семестра	Лабораторная работа 1, подготовка отчета, работа над курсовой работой	10 час.	ПР-6 (лабораторная работа)
2	2-3 недели семестра	Лабораторная работа 2, подготовка отчета, работа над курсовой работой	10 час	ПР-6 (лабораторная работа)
3	4-5 недели семестра	Лабораторные работа 3, подготовка отчета, работа над курсовой работой	10 час.	ПР-6 (лабораторная работа)
4	6-8 недели семестра	Подготовка к контрольной работе №1	8 час.	ПР-2 (контрольная работа)
5	9-10 недели семестра	Лабораторная работа 4, подготовка отчета, работа над курсовой работой	7 час.	ПР-6 (лабораторная работа)
6	11-12 недели семестра	Лабораторная работа 5, подготовка отчета, работа над курсовой работой	10 час.	ПР-6 (лабораторная работа)
7	13-14 недели семестра	Лабораторная работа 6, подготовка отчета, работа над курсовой работой	10 час	ПР-6 (лабораторная работа)
8	15-16 недели семестра	Подготовка к контрольной работе №2	8 час.	ПР-2 (контрольная работа)
9	17-18 недели семестра	Оформление курсовой работы	11 час.	ПР-9 (курсовой проект)
Итого:			98 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; помечать 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 на 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 и 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 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.

### **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.

#### *Оформление курсовой работы*

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.

## Критерии оценки выполнения самостоятельной работы

Выполнение самостоятельных работ оценивается

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

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. Магнетизм тонких пленок	ПК-1.1. Использует методики построения физических и математических моделей устройств и установок электроники и нанoeлектроники	Знает методики построения физических и математических моделей устройств и установок электроники и нанoeлектроники	ПР-2 (контрольная работа), ПР-6 (лабораторная работа), ПР-9 (курсовой проект)	экзамен (вопросы 1-15)
			Умеет строить физические и математические модели узлов, блоков, устройств, установок электроники и нанoeлектроники		
			Владеет навыками построения физических и математических моделей устройств и установок электроники и нанoeлектроники		
2	Раздел II. Магнитные наноструктуры	ПК-1.1. Использует методики построения физических и математических моделей устройств и установок электроники и нанoeлектроники	Знает методики построения физических и математических моделей устройств и установок электроники и нанoeлектроники	ПР-2 (контрольная работа), ПР-6 (лабораторная работа), ПР-9 (курсовой проект)	экзамен (вопросы 16-24)
			Умеет строить физические и математические модели узлов, блоков, устройств, установок электроники и нанoeлектроники		
			Владеет навыками построения физических и математических моделей устройств и установок электроники и нанoeлектроники		

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**

*(электронные и печатные издания)*

1. Драгунов В.П., Остертак Д.И. Микро- и нанoeлектроника: 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>
6. 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>

### **Дополнительная литература**

1. 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>

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. 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 используются программы, позволяющие строить графики по массивам данных и выполнять простейший математический анализ данных (первые производные, сглаживание, линейный фитинг).

#### **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. Рекомендуется 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,	Вибрационный магнитометр Lakeshore 7400, оптический	ПО, позволяющее выполнять лабораторные работы на лабораторных

полуостров Саперный, поселок Аякс, 10, корпус L, ауд. L 320. Лаборатория пленочных технологий ДВФУ	магнитометр Nanomoke2, Керр-микроскоп Evico Magnetics	установках, Origin – программное обеспечение для построение 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 доступны 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.

## **VIII. ФОНДЫ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ**

Для дисциплины «Физика магнитных явлений» используются следующие оценочные средства:

Устный опрос:

1. Лабораторная работа (ПР-6) защита отчета
2. Курсовой проект (ПР-9) презентация проекта

Письменные работы

3. Лабораторная работа (ПР-6) написание отчета
4. Курсовой проект (ПР-9) написание проекта
5. Контрольная работа (ПР-2)

### **Устный опрос**

Устный опрос позволяет оценить знания и кругозор студента, понимание материала, самостоятельность выполнения домашних задач, умение логически построить ответ, владение монологической речью и иные коммуникативные

навыки.

Обучающая функция состоит в выявлении деталей, которые по каким-то причинам оказались недостаточно осмысленными в ходе учебных занятий и при подготовке к экзамену.

### **Письменные работы**

Письменный ответ приучает к точности, лаконичности, связности изложения мысли. Письменная проверка используется во всех видах контроля и осуществляется как в аудиторной, так и во внеаудиторной работе.

Лабораторные работы позволяют студентам непосредственно ознакомиться с научным экспериментальным оборудованием, научиться получать экспериментальные результаты, обрабатывать их, анализировать результаты и делать выводы.

Контрольные работы нужны для более полного и постепенного усвоения теоретического материала и проверки самостоятельной работы студентов в данном направлении.

Курсовой проект подготавливает студентов к написанию дипломной работы, учит студентов выполнять научные задачи, решать проблемы, возникающие в ходе эксперимента, работать в научном коллективе, взаимодействовать с коллегами по лаборатории.

## **Методические рекомендации, определяющие процедуры оценивания результатов освоения дисциплины**

### **Оценочные средства для промежуточной аттестации**

Промежуточная аттестация студентов по дисциплине «Физика магнитных явлений» проводится в соответствии с локальными нормативными актами ДВФУ и является обязательной. Форма отчётности по дисциплине – экзамен (7-й, осенний семестр). Форма экзамена – два письменных вопроса, на которые студенту дается 40 мин, затем 2 произвольных устных вопроса. Допуск к экзамену возможен только после сдачи всех отчетов по лабораторным работам, написанию контрольных работ и защиты курсового проекта.

### **Методические указания по сдаче экзамена**

Экзамен принимается ведущим преподавателем. При большом количестве групп у одного преподавателя или при большой численности потока по распоряжению заведующего кафедрой (заместителя директора по учебной и воспитательной работе) допускается привлечение в помощь ведущему преподавателю других преподавателей. В первую очередь привлекаются

преподаватели, которые проводили лабораторные занятия по дисциплине в группах.

В исключительных случаях, по согласованию с заместителем директора Школы по учебной и воспитательной работе, заведующий кафедрой имеет право принять экзамен в отсутствие ведущего преподавателя.

Форма проведения экзамена (устная, письменная и др.) утверждается на заседании кафедры по согласованию с руководителем в соответствии с рабочей программой дисциплины.

Во время проведения экзамена студенты могут пользоваться рабочей программой дисциплины, а также с разрешения преподавателя, проводящего зачет, справочной литературой и другими пособиями (учебниками, учебными пособиями, рекомендованной литературой и т.п.).

Время, предоставляемое студенту на подготовку к ответу на зачете, должно составлять не более 40 минут. По истечении данного времени студент должен быть готов к ответу.

Присутствие на зачете посторонних лиц (кроме лиц, осуществляющих проверку) без разрешения соответствующих лиц (ректора либо проректора по учебной и воспитательной работе, директора Школы, руководителя ОПОП или заведующего кафедрой), не допускается. Инвалиды и лица с ограниченными возможностями здоровья, не имеющие возможности самостоятельного передвижения, допускаются зачет с сопровождающими.

При промежуточной аттестации обучающихся устанавливается оценка «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно». При неявке студента на экзамен в ведомости делается запись «не явился».

### **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, гиромангнитное 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. Наноточки. Массивы наноточек. Магнитные свойства. Механизмы перемагничивания.
18. Нанопроволоки и нанополоски. Магнитные свойства. Механизмы перемагничивания.
19. Массивы наноточек и нанопроволок.
20. Перспективы применения магнитных наночастиц в устройствах записи информации
21. Вибрационный магнитометр. Устройство, принципы работы.
22. Магнитометр на основе эффекта Керра. Устройство, принципы работы.
23. Микроскоп на основе эффекта Керра. Устройство, принципы работы.

## 24.Магнитно-силовой микроскоп. Устройство, принципы работы.

### Критерии выставления оценки студенту на экзамене по дисциплине «Физика магнитных явлений»:

Баллы (рейтинговой оценки)	Оценка экзамена (стандартная)	Требования к сформированным компетенциям
86 -100	отлично	Оценка «отлично» выставляется студенту, если он полно 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.

### Оценочные средства для текущей аттестации

Текущая аттестация студентов по дисциплине проводится в соответствии с локальными нормативными актами ДВФУ и является обязательной.

Текущая аттестация проводится в форме контрольных мероприятий (контрольных работ, защиты отчетов по лабораторным работам и защите курсового проекта) по оцениванию фактических результатов обучения студентов и осуществляется ведущим преподавателем.

Объектами оценивания выступают:

– учебная дисциплина (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;
- посещение занятий
- результаты самостоятельной работы.

Составляется календарный план контрольных мероприятий по дисциплине. Оценка посещаемости, своевременность выполнения различных видов заданий ведётся на основе журнала, который ведёт преподаватель в течение учебного семестра.

### **Устный опрос в сочетании с проверкой отчета по лабораторной работе**

Оценивание защиты лабораторной работы проводится при представлении отчета в электронном или печатном виде, по двухбалльной шкале: «зачтено», «не зачтено».

*Пример контрольных вопросов к лабораторной работе «Измерение магнитной анизотропии тонких пленок на вибромагнитометре»:*

1. По какому физическому принципу вибрационный магнитометр измеряет магнитный момент образца в поле?
2. Что такое магнитная анизотропия, оси легкого и трудного намагничивания?
3. Нарисуйте петли магнитного гистерезиса, измеренные в легком и трудном направлениях намагничивания, если в образце присутствует сильная одноосная анизотропия.
4. Как рассчитать поле и энергию магнитной анизотропии по методу площадей?
5. Что такое магнитомертвый слой в тонких магнитных пленках и какой эксперимент нужно провести, чтобы определить его толщину?

### **Критерии оценивания отчета по лабораторной работе**

<b>Оценка</b>	<b>Требования</b>
<b>«зачтено»</b>	Студент присутствовал на лабораторной работе, самостоятельно получил необходимые экспериментальные результаты, оформил отчет в соответствии с требованиями, правильно построил графические зависимости физических величин, сделал правильные выводы, объяснил ход закономерностей, продемонстрировал глубокое знание теории изучаемых явлений, правильно ответил на контрольные вопросы
<b>«не зачтено»</b>	Студент не предоставил отчет, либо отчет не соответствует установленным требованиям по оформлению или содержанию, не содержит выводов. Студент предоставил правильно оформленный отчет, но использовал чужие данные. Студент предоставил правильно оформленный отчет, но не может ответить на контрольные вопросы.

## Контрольная работа

Контрольные работы проводятся в виде тестов для проверки теоретических знаний студентов и решения задачи для проверки усвоения практических умений и навыков. На решение теста отводится 12 минут. На решение задачи отводится 28 минут.

### *Пример тестового задания*

Подчеркните правильные варианты ответов по вашему мнению. Внимательно смотрите на вопрос, в некоторых заданиях правильных вариантов ответа может быть несколько.

1. Магнитными свойствами могут обладать

Диэлектрики

Металлы

Полупроводники

Все вышеперечисленные материалы

2. В каких единицах измеряется магнитный момент в системе СИ?

А/м<sup>3</sup>

А·м

А·м<sup>2</sup>

А/м

3. Коэффициент размагничивания очень тонкой пленки (толщина 1 нм) в плоскости пленки в системе СИ приблизительно равен

1

0

π

1/2

4. Коэффициент размагничивания очень длинной проволоки (длина больше диаметра в 1000 раз) в радиальном коротком направлении в системе СИ приблизительно равен

1

0

1/2

π

5. На границе раздела двух сред непрерывны (может быть несколько правильных ответов)

Тангенциальная составляющая **H**

Нормальная составляющая **H**

Тангенциальная составляющая **B**

Нормальная составляющая **B**

6. Напряженность магнитного поля в системе СГС измеряется в

Э

Гс

emu

А/м

7. Сумма коэффициентов размагничивания в системе СИ равна

0

4π

1

3

8. Чему равен магнетон Бора?

$eh/4\pi m$

$eh/2m$

$em/4\pi h$

$e/2m$

9. Чему равна частота Ларморовой прецессии в магнитном поле индукции **B** в системе СИ?

$eB/2\mu_0 m$

$e/2m$

$eB/2m$

$e/2mB$

10. Какие магнитные материалы слабее всего реагируют на магнитное поле?

Ферромагнетики

Парамагнетики

Диамагнетики

Антиферромагнетики

11. Как записывается закон Кюри

$\chi_m = C/T$

$\chi_m = C/(T-T_k)$

$\chi_m = C/(T+T_k)$

$\chi_m = C \cdot T/T_k$

12. В области *a* близких к нулю наклон функции Ланжевена  $L(a)$  равен

1/2

1/3

1/4

1/5

13. Можно ли насытить полностью парамагнитный материал?

Да, можно, но поле должно быть выше в среднем  $10^9$  Э

Невозможно, если не рассматривать случай абсолютного нуля

Нет, невозможно при любых условиях

Да, можно, но только при очень низких температурах и больших магнитных полях

14. Предположим, что магнетизм вещества полностью обусловлен спиновыми моментами его электронов. Чему будет равен g-фактор в таком случае?

1

0

1/2

2

15. Чему равна проекция магнитного момента на направление магнитного поля?

$g\mu_B J$

$g\mu_B \sqrt{J(J+1)}$

$g\mu_B (J+1)$

$g\mu_B M_J$

16. В каком случае функция Ланжевена переходит в функцию Бриллюэна?

Если вещество диамагнетик

Если  $J$  бесконечно

Если g-фактор равен 2

Никогда не переходит

17. Почему молекулярное поле не намагничивает вещество до насыщения в одном направлении?

Это противоречит условию минимума энергии Зеемана

Это противоречит условию минимума энергии магнитной анизотропии

Это противоречит условию минимума магнитостатической энергии

Это противоречит условию минимума обменной энергии

18. Какой из ферромагнетиков имеет наиболее низкую намагниченность при температуре 200 К?

Кобальт

Железо

Гадолиний

Никель

19. Почему существуют две температуры Кюри, ферромагнитная и парамагнитная?

Из-за суперпарамагнетизма

Из-за образования спиновых кластеров

Из-за образования спинового льда

Из-за парапроцесса

20. Укажите правильную формулу энергии обменного взаимодействия  $E_{ex}$  между двумя спиновыми моментами  $S_i$  и  $S_j$ , если  $J$  – обменный интеграл

$-2JS_i \times S_j$

$-2JS_i S_j$

$2JS_i \times S_j$

$2JS_i S_j$

### Пример задачи

Магнитная восприимчивость никеля при температурах 400 и 800°C равна соответственно  $1,25 \cdot 10^{-3}$  и  $1,14 \cdot 10^{-4}$ . Определить температуру Кюри и магнитную восприимчивость при  $T = 600^\circ\text{C}$ .

### Критерии оценивания контрольных работ

Оценка	Требования
«отлично»	Студент решил 70% тестовых заданий и задачу
«хорошо»	Студент решил 55-69% тестовых заданий и задачу
«удовлетворительно»	Студент решил 40-54% тестовых заданий и сделал грамотную попытку решить задачу, но мог ошибиться с ответом или решил 30-44% тестовых заданий, но решил задачу идеально.
«неудовлетворительно»	Студент решил менее 40% тестовых заданий и не решил задачу. Правильно решенная задача дает плюс 10% к результату тестовых заданий.

### 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.

<b>Оценка</b>	<b>50-60 баллов (неудовлетворительно)</b>	<b>61-75 баллов удовлетворительно)</b>	<b>76-85 баллов (хорошо)</b>	<b>86-100 баллов (отлично)</b>
<b>Критерии</b>	<b>Содержание критериев</b>			
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 явление 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	Студент докладывает материал, но	Презентация яркая, речь уверенная,

		<p>неуверенно, что объясняется отсутствием понимания заданной проблемы или отсутствием результатов</p>	<p>недостаточно ярко и уверенно, либо презентация менее 7 мин., либо объем презентации менее 10 слайдов</p>	<p>объем презентации более 10 слайдов, длительность более 7 мин., студент отвечает на большинство вопросов</p>
--	--	--	---	--