



МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«ИРКУТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
ФГБОУ ВО «ИГУ»
Кафедра радиоп физики и радиозлектроники

УТВЕРЖДАЮ
Курф. *Бурнев К.М.*
28 *06* 2016 г.
ИРКУТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
Физический факультет

Рабочая программа дисциплины (модуля)

Наименование дисциплины (модуля) Б1.В.ДВ.1.2 «Физика наноразмерных структур»

Направление подготовки - 03.04.03 «Радиофизика»

Тип образовательной программы - академическая

Направленность (профиль) подготовки «Информационные процессы и системы»

Квалификация (степень) выпускника - Магистр

Форма обучения - очная

Согласовано с УМК физического факультета

Протокол № 3 от «28» 06 2016г.
Председатель *[Signature]*

Рекомендовано кафедрой:

Протокол № 12
От «28» 06 2016г.
Зав. кафедрой *[Signature]* Колесник С.Н.

Иркутск 2016 г.

Содержание

	Стр.
1. Цели и задачи дисциплины (модуля).....	3
2. Место дисциплины в структуре ООП	3
3. Требования к результатам освоения дисциплины (модуля):	3
4. Объем дисциплины и виды учебной работы (разделяется по формам обучения)	4
5. Содержание дисциплины	4
5.1. Содержание разделов и тем дисциплины.....	4
5.2. Разделы дисциплины и междисциплинарные связи с обеспечиваемыми (последующими) дисциплинами.....	6
5.3. Разделы и темы дисциплин (модулей) и виды занятий	6
6. Перечень семинарских, практических занятий и лабораторных работ.....	6
6.1. План самостоятельной работы студентов	7
6.2. Методические указания по организации самостоятельной работы студентов	9
7. Примерная тематика курсовых работ (проектов)	9
8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)	9
9. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)	10
10. Образовательные технологии	10
11. Оценочные средства (ОС).....	10
11.1. Оценочные средства для входного контроля.....	10
11.2. Оценочные средства текущего контроля	10
11.2.1 Перечень оценочных средств	10
11.2.2 Характеристика оценочных средств.....	10
11.3. Оценочные средства для промежуточной аттестации	11
11.3.1 Перечень оценочных средств	11
11.3.2 Характеристика оценочных средств.....	11
Приложение 1. Примерные варианты контрольных работ	13
Приложение 2. Примерный вариант теста.....	15
Приложение 3. Примерный перечень вопросов к экзамену	18

1. Цели и задачи дисциплины (модуля)

Дисциплина «Физика наноразмерных структур» - дисциплина радиофизического цикла, изучающая физические процессы в наноразмерных материалах твердотельной электроники. Главным образом она имеет дело с разработкой принципов создания современных электронных устройств с высокой плотностью записи информации и высокими скоростями ее обработки.

Цель курса – дать магистрам основные представления о состоянии исследований в микроэлектронике, ознакомить с методами, применяемыми при разработке и проектировании высокоскоростных устройств. Содержание дисциплины направлено на изучение принципов работы электронных систем, описание основных физических процессов, протекающие в материалах, составляющих основу современной нанoeлектроники.

Задачи курса - научить магистров ориентироваться в основных направлениях развития и проблематике нанoeлектроники.

2. Место дисциплины в структуре ООП

Дисциплина «Физика наноразмерных структур» входит в список дисциплин по выбору для изучения вариативной части ООП.

Освоение дисциплины «Физика наноразмерных структур» необходимо для профессиональной работы в области нанoeлектроники. Изучение курса предполагает наличие основных знаний по дисциплинам «Радиоэлектроника», «Теория колебаний», «Квантовая механика».

Полученные в процессе изучения курса знания и навыки могут быть использованы во время прохождения производственной практики, выполнения выпускной квалификационной работы, а также в дальнейшей профессиональной работе.

3. Требования к результатам освоения дисциплины (модуля):

Процесс изучения дисциплины (модуля) направлен на формирование следующих компетенций:

Процесс изучения дисциплины (модуля) направлен на формирование следующих компетенций:

Общепрофессиональные компетенции (ОПК):

ОПК-3 - способностью к свободному владению знаниями фундаментальных разделов физики и радиофизики, необходимых для решения научно-исследовательских задач.

Профессиональные компетенции (ПК):

ПК-1 - способностью использовать в своей научно-исследовательской деятельности знание современных проблем и новейших достижений физики и радиофизики

В результате изучения дисциплины студент должен:

Знать:

Индекс компетенции	Индекс образовательного результата	Образовательный результат
ОПК-3	3-1	основные физические процессы и явления, протекающие в наноразмерных структурах.

Уметь:

Индекс компетенции	Индекс образовательного результата	Образовательный результат
ПК-1	У-1	формулировать основные направления исследований в физике наноразмерных структур, разработке устройств, элементной базы и технологических процессов в современной нанoeлектронике

Владеть:

Индекс компетенции	Индекс образовательного результата	Образовательный результат
ОПК-3	В-1	навыками расчета наноразмерных структур для применения в устройствах современной нанoeлектроники

4. Объем дисциплины и виды учебной работы (разделяется по формам обучения)

Вид учебной работы	Всего часов / зачетных единиц	Семестры			
		1	2	3	4
Аудиторные занятия (всего)	86/2.35	42/1.15	44/1.20	-	-
В том числе:	-	-	-	-	-
Лекции (Л)	38/1.05	18/0.5	20/0.55	-	-
Практические занятия (ПЗ)	38/1.05	18/0.5	20/0.55	-	-
Семинары (С)	-	-	-	-	-
Лабораторные работы (ЛР)	-	-	-	-	-
Контроль самостоятельной работы (КСР)	10/0.25	6/0.15	4/0.10	-	-
Самостоятельная работа (всего)	130/3.60	102/2.85	28/0.75	-	-
В том числе:	-	-	-	-	-
Курсовой проект (работа)	-	-	-	-	-
Расчетно-графические работы	-	-	-	-	-
Реферат (при наличии)	-	-	-	-	-
<i>Другие виды самостоятельной работы</i>	130/3.60	102/2.85	28/0.75	-	-
Подготовка к лекциям	42/1.2	22/0.65	20/0.55	-	-
Подготовка к сдаче контрольных работ и теста по дисциплине	76/2.1	72/2.0	4/0.1	-	-
Сдача контрольных работ, теста	12/0.3	8/0.2	4/0.1	-	-
Вид промежуточной аттестации: зачет	-	+	-	-	-
Вид промежуточной аттестации: экзамен	36/1	-	36/1.0	-	-
Контактная работа (всего)	99	52	47	-	-
Общая трудоемкость, часы	252	144	108	-	-
зачетные единицы	7	4	3	-	-

5. Содержание дисциплины**5.1. Содержание разделов и тем дисциплины**

Тема 1. Наноразмерные структуры и нанотехнологии

Тема 2. Магнитные взаимодействия и магнитные структуры

2.1. Магнитное диполь-дипольное взаимодействие.

2.2. Обменные взаимодействия.

2.3. Ферромагнитный порядок.

2.4. Антиферромагнетизм, ферромагнетизм.

Тема 3. Ферромагнитные металлы

3.1. Зонная структура ферромагнитных металлов.

3.2. Модель Мотта зоны проводимости ферромагнитных металлов.

3.3. Модель взаимодействия между локализованными и делокализованными электронами в проводящих магнетиках.

Тема 4. Транспорт носителей тока в немагнитных металлах и полупроводниках.

4.1. Классическая теория Друде-Лоренца. Кинетическое уравнение Больцмана. Магнетосопротивление металлов и полупроводников.

4.2. Эффект Холла.

4.3. Метод функций Грина. Формула Кубо для проводимости. Зарядовый и спиновый токи.

4.4. Спиновый эффект Холла (внутренне присущий). Модели Рашба и Дрессельхауза.

Тема 5. Спин-зависящий транспорт в магнитных металлах, полупроводниках и гетероструктурах

5.1. Дефазирование и рассеяние электронов с переворотом спина, кинетическое уравнение.

5.2. Анизотропное магнетосопротивление.

4.3. Граничное сопротивление, спиновое рассеяние на интерфейсе.

4.4. Спиновый эффект Холла (за счет рассеяния)

Тема 6. Гигантское магнетосопротивление (ГМС). Туннельное магнетосопротивление

6.1. ГМС в металлических мультислоях, параллельная геометрия, больцмановская теория.

6.2. ГМС в металлических мультислоях, перпендикулярная геометрия, теория Ферта-Валета.

6.3. Экспериментальные наблюдения эффекта ГМС.

6.4. Туннелирование электронов в гетероструктурах с диэлектрическими барьерами.

6.5. Спин-поляризованное туннелирование.

6.6. Туннельное магнетосопротивление (теория)

6.7. Туннельное магнетосопротивление (эксперимент)

Тема 7. Спиновые клапаны (вентили) и спин-электронные устройства для записи информации. Другие применения спин-поляризованного транспорта.

7.1. Спин-вентильный сенсор магнитного поля и его применения в устройствах для магнитной записи и хранения информации.

7.2. Применение спинового вентиля в качестве ячейки хранения информации, магниторезистивная память произвольного доступа.

7.3. Спиновый вращающий момент, переключение магниторезистивных ячеек импульсами тока, магниторезистивная память высокой интеграции.

7.4. Спин-поляризованный ток в структурах металл-ферромагнитный полупроводник.

7.5. Спиновый диод на структурах металл-ферромагнитный полупроводник.

7.6. Спиновые фильтры на основе структуры металл-ферромагнитный полупроводник-полупроводник.

7.7. Магнитный биполярный диод.

7.8. Спиновый транзистор.

Тема 8. Точечные магнитные контакты. Сверхпроводящая спинтроника.

8.1. Омический и баллистический транспорт.

- 8.2. Магнитосопротивление точечных контактов из ферромагнитных материалов.
 8.3. Квантование проводимости в ферромагнитных наноконтактах, квантовый спиновый клапан.
 8.4. Сверхпроводящие контакты и переходы с ферромагнитной прослойкой. Пи-контакты.
 8.5. Спиновые вентили на основе эффекта близости.
 8.6. Эффект Джозефсона в С/Ф/С контактах, сверхпроводящая память и логика на основе С/Ф/С контактов.

5.2 Разделы дисциплины и междисциплинарные связи с обеспечиваемыми (последующими) дисциплинами

№ п/п	Наименование обеспечиваемых дисциплин	Тема	Тема	Тема	Тема	Тема	Тема	Тема	Тема
		1	2	3	4	5	6	7	8
1.	НИР магистра	+	+	+	+	+	+	+	+
2.	Итоговая государственная аттестация (ВКР)	+	+	+	+	+	+	+	+

5.3. Разделы и темы дисциплин (модулей) и виды занятий

№ п/п	Наименование раздела Наименование темы	Виды занятий в часах					
		Лекц.	Практ. зан.	Семина	Лаб. зан.	СРС	Всего
1.	Наноразмерные структуры и нанотехнологии	4	4	-	-	14	22
2.	Магнитные взаимодействия и магнитные структуры	5	5	-	-	16	26
3.	Ферромагнитные металлы	5	5	-	-	16	26
4.	Транспорт носителей тока в немагнитных металлах и полупроводниках	4	4	-	-	18	26
5.	Спин-зависимый транспорт в магнитных металлах, полупроводниках и гетероструктурах	5	5	-	-	18	28
6.	Гигантское магнитосопротивление (ГМС). Туннельное магнитосопротивление	5	5	-	-	16	26
7.	Спиновые клапаны (вентили) и спин-электронные устройства для записи	5	5	-	-	16	26
8.	Точечные магнитные контакты. Сверхпроводящая спинтроника.	5	5	-	-	16	26

6. Перечень семинарских, практических занятий и лабораторных работ

№ п/п	№ раздела и темы дисциплины Наименование семинаров, практических и лабораторных работ	Трудоемкость (часы)	Оценочные средства	Формируемые компетенции
1	2, 3	4	5	6
1	Наноразмерные структуры и нанотехнологии	4	Практические задания	ОПК-3

2	Магнитные взаимодействия и магнитные структуры	5	Практические задания	ОПК-3
3	Ферромагнитные металлы	5	Практические задания	ОПК-3, ПК-1
4	Транспорт носителей тока в немагнитных металлах и полупроводниках	4	Практические задания	ОПК-3
5	Спин-зависимый транспорт в магнитных металлах, полупроводниках и гетеро-структурах	5	Практические задания	ОПК-3, ПК-1
6	Гигантское магнито-сопротивление (ГМС). Туннельное магнитосопротивление	5	Практические задания	ПК-1
7	Спиновые клапаны (вентили) и спин-электронные устройства для записи	5	Практические задания	ОПК-3
8	Точечные магнитные контакты. Сверхпроводящая спинтроника.	5	Практические задания	ПК-1

6.1. План самостоятельной работы студентов

Семестр 1

№ нед.	Тема	Вид самост работы	Задание	Рекомендуемая литература	Колич. часов
1 -3	Наноразмерные структуры и нанотехнологии	Внеаудиторная	- работа с конспектом лекции; - повторная работа над учебным материалом	Источники из основной и дополнительной литературы Самостоятельный поиск литературы на образовательных ресурсах, доступные по логину и паролю, предоставляемым Научной библиотекой ИГУ	22
4 -8	Магнитные взаимодействия и магнитные структуры	Внеаудиторная	- работа с конспектом лекции; - повторная работа над учебным материалом	Источники из основной и дополнительной литературы Самостоятельный поиск литературы на образовательных ресурсах, доступные по логину и паролю, предоставляемым Научной библиотекой ИГУ	26
9 - 13	Ферромагнитные металлы	Внеаудиторная	- работа с конспектом лекции;	Источники из основной и дополнительной	26

		Аудиторная	учебным материалом Подготовка к контрольной работе 2; Сдача контрольной работы 2	образовательных ресурсах, доступные по логину и паролю, предоставляемым Научной библиотекой ИГУ	
14-17	Точечные магнитные контакты. Сверхпроводящая спинтроника.	Внеаудиторная	- работа с конспектом лекции; - повторная работа над учебным материалом;	Источники из основной и дополнительной литературы Самостоятельный поиск литературы на образовательных ресурсах, доступные по логину и паролю, предоставляемым Научной библиотекой ИГУ	26

6.2. Методические указания по организации самостоятельной работы студентов

а) Методические рекомендации по изучению теоретической части учебного модуля

Теоретические занятия дисциплины представлены в виде лекций.

Цель лекции – организация целенаправленной познавательной деятельности студентов по овладению программным материалом дисциплины.

Задачи лекционных занятий – дать связанное, последовательное изложение материала, сообщить студентам основное содержание предмета в целостном, систематизированном виде.

Структура и содержание основных разделов (приведена в рабочей программе учебной дисциплины, раздел 5)

Методы и средства проведения теоретических занятий

При изучении учебного модуля студенты должны посещать лекционные занятия, вести конспекты и самостоятельно прорабатывать по учебникам вопросы, указанные преподавателем (список основной литературы приведен разделе 8).

б) Методические рекомендации по самостоятельной работе студентов

Аудиторная и внеаудиторная самостоятельная работа студентов заключается в подготовке к лекциям, ведении конспектов на занятиях, а также подготовка к контрольным работам и тесту, по результатам которого осуществляется допуск студентов к промежуточной аттестации по данной дисциплине. Также самостоятельная работа подразумевает систематический подход к обучению, в соответствии с предложенным в разделе 6.1 графиком, что, в свою очередь, способствует процессу подготовки к экзамену по данной дисциплине.

7. Примерная тематика курсовых работ (проектов)

Учебным планом не предусмотрено написание курсовых работ (проектов).

8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)

а) основная литература

1 Суздаев, Игорь Петрович. Электрические и магнитные переходы в нанокластерах и наноструктурах [Текст] / И. П. Суздаев. - М. : Красанд, 2012. - 474 с. : ил. ; 23 см. - Библиогр.: с. 458-474. (1 экземпляр)

ISBN 978-5-396-00416-0

б) дополнительная литература

1. Аплеснин С.С. Основы спинтроники. СПб.: Лань, 2010.-287 с. (6 экземпляров)

2. Кашурников В.А., Красавина А.В. Численные методы квантовой статистики. М.: Физматлит., 2010.-305 с. (2 экземпляра)

3. Гинзбург И.Ф. Введение в физику твердого тела. Изд-во НГУ, 2003 (2 экземпляра)

4. Харрис П. Углеродные трубы и родственные структуры. М.: Техносфера, 2003 (1 экземпляр)

5. Драгунов В.П., Неизвестный И.Г., Гридчин В.А. Основы нанозлектроники: Уч. пособие.- Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2000 (2 экземпляра)

Сверено с НБ и ГУ

в) базы данных, информационно-справочные и поисковые системы

1. Интернет ресурсы в свободном доступе, на сайтах ИГУ www.isu.ru и физического факультета ИГУ.

9. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

Мультимедийный проектор, офисное оборудование для оперативного размножения иллюстративного и раздаточного лекционного и семинарского материала.

10. Образовательные технологии

Чтение лекций по темам 1-5 предполагает решение тематических задач в качестве примеров, подкрепляющих теоретический материал, по теме 6 проводится деловая игра для формирования навыков выбора оптимальных вариантов решения задач.

По темам 6-8 предлагается решать разнообразные задачи и обсуждать некоторые задания, предназначенные для анализа реализации научных проектов, оказавших важное значение для научно- технического прогресса.

11. Оценочные средства (ОС)

11.1. Оценочные средства для входного контроля

Оценочные средства для входного контроля не требуются.

11.2. Оценочные средства текущего контроля

11.2.1 Перечень оценочных средств

Назначение оценочных средств ТК – выявить сформированность компетенций (ОПК-3, ПК-1). Ниже приведен перечень оценочных средств текущего контроля:

1. Контрольные работы
2. Тесты по материалам лекционных занятий

11.2.2 Характеристика оценочных средств

1. Контрольные работы

При изучении курса студентами выполняются 2 контрольные работы по лекционным материалам. В контрольной работе студенту даются два теоретических вопроса (в приложении 1 приведены примерные вопросы контрольных работ для

студентов). Каждый вопрос оценивается по 5-тибалльной шкале, результирующие баллы складываются. Если в сумме студент набирает 9 - 10 баллов, то контрольная оценивается на «отлично»; если набирает 7 – 8 баллов, контрольная оценивается на «хорошо»; 5 – 6 баллов - работа оценивается на «удовлетворительно».

2. Тест

Назначение оценочного средства – мониторинг эффективности теоретической подготовки студентов к промежуточной аттестации. Показателем эффективности подготовки студента является получение им балла, превышающего пороговое значение в 13 баллов. Примерный вариант теста приведен в приложении 2.

Параметры оценочного средства

Предел длительности контроля	45 мин
Последовательность выборки вопросов из каждого раздела	случайная
Критерии оценки:	
«5», если	22 – 25 правильных ответов
«4», если	18 - 21 правильный ответ
«3», если	13 - 17 правильных ответов

11.3. Оценочные средства для промежуточной аттестации

11.3.1 Перечень оценочных средств

Промежуточная аттестация проводится в первом семестре в форме зачета, во втором семестре – в форме экзамена. Оценочным средством во втором семестре выступает перечень экзаменационных вопросов. Вопросы для самостоятельной подготовки студентов к экзамену приведены в приложении 3.

11.3.2 Характеристика оценочных средств

1 семестр. Промежуточная аттестация в форме зачета проводится по оценочным средствам текущего контроля вычислением среднеарифметического всех оценок, полученных студентом за семестр. В случае, если у студента не сданы контрольная работа или тест, со студентом проводится индивидуальное собеседование по всем разделам дисциплины и по результатам собеседования выставляется зачет.

2 семестр. К теоретическому экзамену во втором семестре допускается студент, сдавший контрольную работу на положительную оценку.

Форма проведения экзамена – устный по билетам / письменный по билетам. Экзамены проводятся во время экзаменационных сессий в соответствии с расписанием.

Экзаменационный билет состоит из двух теоретических вопросов и одного практического задания. Экзаменационные задания (билеты) для приема экзаменов выполнены многовариантными, чтобы исключить возможность списывания и обмена информацией в ходе экзамена. Показатели и критерии выставления оценки по теоретическому экзамену приведены в таблице:

Критерии	Оценка			
	Отлично	Хорошо	Удовлетв.	Неудовлетв.
Знание	Всесторонние глубокие знания (9 -10 баллов)	Знание материала в пределах программы (7 -8 баллов)	Отмечены пробелы в усвоении программного материала (5 -6 баллов)	Не знает основное содержание дисциплины (менее 5 баллов)
Понимание	Полное понимание материала, приводит	Понимает материал, приводит	Суждения поверхностны, содержат ошибки,	С трудом формулирует свои мысли, не

	примеры, дополнительные вопросы не требуются (8 -9 баллов)	примеры, но испытывает затруднения с выводами, однако достаточно полно отвечает на дополнительные вопросы (6 -7 баллов)	примеры не приводит, ответы на дополнительные вопросы неуверенные (4 -5 баллов)	приводит примеры, не дает ответа на дополнительные вопросы (менее 4 баллов)
Применение проф. терминологии	Дает емкие определения основных понятий, корректно использует профессиональную терминологию (4 балла)	Допускает неточности в определении понятий, не в полном объеме использует профессиональную терминологию (3 балла)	Путает понятия, редко использует профессиональную терминологию (2 балла)	Затрудняется в определении основных понятий дисциплины, некорректно использует профессиональную терминологию (менее 2 баллов)
Соблюдение норм литературного языка	Соблюдает нормы литературного языка, преобладает научный стиль изложения (3 балла)	Соблюдает нормы литературного языка, допускает единичные ошибки (2 балла)	Допускает множественные речевые ошибки при изложении материала (1 балл)	Косноязычная речь искажает смысл ответа (0 баллов)

Стоит отметить, что при получении оценки «неудовлетворительно» хотя бы по одному критерию, студент считается несдавшим экзамен по дисциплине и направляется на повторную сдачу экзамена.

Итоговая оценка вычисляется на основании суммирования баллов по каждому критерию. Оценка «отлично» выставляется студенту, набравшему 21 – 26 баллов, «хорошо» выставляется студенту, набравшему 16 – 20 баллов, «удовлетворительно» выставляется студенту, набравшему 12 – 15 баллов,

Разработчики:

_____ (подпись)

профессор
(занимаемая должность)

Ю.В. Аграфонов
(инициалы, фамилия)

Программа рассмотрена на заседании кафедры радиофизики и радиоэлектроники

«28» 06 2016г.

Протокол № 12 И.О.Зав.кафедрой _____ Колесник С.Н.

Настоящая программа не может быть воспроизведена ни в какой форме без предварительного письменного разрешения кафедры-разработчика программы.

Приложение 1. Примерные варианты контрольных работ

Вопросы для Контрольной работы №1

1-й вариант

1. Ферромагнитный порядок.
2. Антиферромагнетизм, ферромагнетизм.

2-й вариант

- Зонная структура ферромагнитных металлов.
Модель Мотта зоны проводимости ферромагнитных металлов.

3-й вариант

- Классическая теория Друде-Лоренца. Кинетическое уравнение Больцмана.
Магнетосопротивление металлов и полупроводников.

4-й вариант

- Формула Кубо для проводимости.
Зарядовый и спиновый токи.

5-й вариант

- Метод функций Грина.
Наноразмерные структуры

6-й вариант

- Модели Рашба и Дрессельхауза.
Дефазирование и рассеяние электронов с переворотом спина, кинетическое уравнение

7-й вариант

- Анизотропное магнетосопротивление.
Граничное сопротивление, спиновое рассеяние на интерфейсе.

Вопросы для Контрольной работы №2

1-й вариант

- Гигантское магнетосопротивление (ГМС). Туннельное магнетосопротивление
ГМС в металлических мультислоях, параллельная геометрия, больцмановская теория.

2-й вариант

- Экспериментальные наблюдения эффекта ГМС.
Туннелирование электронов в гетероструктурах с диэлектрическими барьерами.

3-й вариант

- Спиновые клапаны (вентили) и спин-электронные устройства для записи информации.
Спин-вентильный сенсор магнитного поля и его применения в устройствах для магнитной записи и хранения информации.

4-й вариант

Применение спинового вентиля в качестве ячейки хранения информации, магниторезистивная память произвольного доступа.

Спиновый вращающий момент, переключение магниторезистивных ячеек импульсами тока, магниторезистивная память высокой интеграции.

5-й вариант

Спиновый диод на структурах металл- ферромагнитный полупроводник.

Спин- поляризованный ток в структурах металл- ферромагнитный полупроводник

6-й вариант

Магнитный биполярный диод.

Спиновый транзистор.

7-й вариант

Квантование проводимости в ферромагнитных наноконтактах, квантовый спиновый клапан.

Сверхпроводящие контакты и переходы с ферромагнитной прослойкой.

Приложение 2. Примерный вариант теста

1. Наиболее ярко выраженными магнитными свойствами (ферромагнетизмом) обладают
 - 1) вещества с незаполненной 3d оболочкой
 - 2) вещества с незаполненной 3s оболочкой
 - 3) вещества с незаполненной 3p оболочкой

2. При температуре Кюри происходит переход
 - 1) из антиферромагнитного в парамагнитное состояние
 - 2) из ферромагнитного в парамагнитное состояние
 - 3) из антиферромагнитного в ферромагнитное состояние

3. Парамагнетизм Паули это
 - 1) парамагнетизм заполненных электронных оболочек атома
 - 2) парамагнетизм невзаимодействующих магнитных ионов
 - 3) парамагнетизм электронов проводимости

4. Диамагнетизм Ландау это
 - 1) диамагнетизм невзаимодействующих магнитных ионов
 - 2) диамагнетизм электронов проводимости
 - 3) диамагнетизм заполненных электронных оболочек атома

5. Восприимчивости Ландау и Паули связаны выражением
 - 1) $\chi_L = -\chi_P$
 - 2) $\chi_L = -\frac{1}{3}\chi_P$
 - 3) $\chi_L = \chi_P$

6. Закон Кюри для восприимчивости описывается выражением
 - 1) $\chi = \frac{C}{T}$
 - 2) $\chi = C \cdot T$
 - 3) $\chi = C \cdot T^2$

7. Температурный переход ферромагнетизм - парамагнетизм
 - 1) является фазовым переходом 1 рода
 - 2) является фазовым переходом 2 рода
 - 3) не является фазовым переходом

8. Температура Нееля это температура перехода
 - 1) из ферромагнитного в парамагнитное состояние
 - 2) из антиферромагнитного в парамагнитное состояние
 - 3) из ферромагнитного в антиферромагнитное состояние

9. Процесс адиабатического размагничивания позволяет
 - 1) получить сверхнизкие температуры
 - 2) определить температуру Кюри
 - 3) определить коэрцитивную силу

10. Прямое обменное взаимодействие является следствием

- 1) обычного кулоновского взаимодействия между электронами
- 2) магнито-дипольного взаимодействия между электронами
- 3) обычного кулоновского взаимодействия между электронами и ионами

11. Закон Кюри-Вейсса описывает

- 1) температурную зависимость восприимчивости диамагнетика
- 2) температурную зависимость восприимчивости парамагнетика
- 3) температурную зависимость восприимчивости ферромагнетика вблизи T_c

12. Спиновая волна это

- 1) статическое распределение спиновой плотности в магнетиках
- 2) динамическое локальное возбуждение одного спина
- 3) динамическое коллективное возбуждение спинов в магнетиках

13. Спиновая волна

- 1) не меняет полный спин системы
- 2) уменьшает полный спин системы на единицу
- 3) увеличивает полный спин системы на единицу

14. Появление доменной структуры в ферромагнетиках обусловлено

- 1) косвенным обменным взаимодействием
- 2) прямым обменным взаимодействием
- 3) магнито-дипольным взаимодействием

15. Закон Блоха утверждает: намагниченность меняется с температурой по закону

- 1) $M(T) = M(0)(1 - A \cdot T^2)$
- 2) $M(T) = M(0)(1 - A \cdot T)$
- 3) $M(T) = M(0) \left(1 - A \cdot T^{3/2} \right)$
- 4) $M(T) = M(0)(1 - A \cdot T^3)$

16. При переходе между доменами намагниченность

- 1) плавно меняет свое направление в пределах некоторой области
- 2) скачком изменяет свое направление

17. Закон Кюри-Вейсса утверждает, что восприимчивость зависит от температуры как

- 1) $\chi = \frac{C}{T - T_C}$
- 2) $\chi = \frac{C}{T + T_C}$
- 3) $\chi = C \cdot (T - T_C)^2$

18. Гамильтониан модели Гейзенберга записывается в виде:

- 1) $\hat{H} = -\frac{1}{2} \sum_{R, R_1} J(R - R_1) \hat{S}(R) \hat{S}(R_1)$
- 2) $\bar{H} = -\frac{1}{2} \sum_{R, R_1} J(R - R_1) \left(\bar{S}(R) + \bar{S}(R_1) \right)$

19. Блоховская доменная граница это

- 1) 45 - градусная доменная граница

- 2) 180 - градусная доменная граница
- 3) 90 - градусная доменная граница

20. Неелевская доменная граница это

- 1) 45 - градусная доменная граница
- 2) 180 - градусная доменная граница
- 3) 90 - градусная доменная граница

21. Суперпарамагнетизмом называется парамагнитное поведение

- 1) однодоменных частиц в немагнитной матрице
- 2) парамагнитных частиц в ферромагнитной матрице
- 3) магнитных моментов атомов ферромагнетика при температурах выше T_c

22. Процессы спиновой релаксации

- 1) определяют время сохранения спиновой поляризации носителей тока
- 2) определяют длину свободного пробега носителей заряда
- 3) определяют временную зависимость намагниченности ферромагнетика

23. Спиновый полевой транзистор отличается от обычного полевого транзистора

- 1) наличием ферромагнитного истока и немагнитных стока и затвора
- 2) наличием ферромагнитного стока и немагнитных истока и затвора
- 3) наличием ферромагнитного затвора и немагнитных стока и истока
- 4) наличием ферромагнитного затвора стока и истока

24. Спиновый клапан это устройство, использующее свойства

- 1) эффекта гигантского магнитосопротивления
- 2) эффекта гигантского магнитоимпеданса
- 3) классического эффекта Холла
- 4) квантового эффекта Холла

Ключи к тесту

Задание	Ответ	Задание	Ответ	Задание	Ответ	Задание	Ответ	Задание	Ответ
1	1	6	1	11	3	16	1	21	1
2	2	7	2	12	3	17	1	22	1 3
3	3	8	2	13	2	18	1	23	4
4	2	9	1	14	3	19	2	24	1
5	2	10	1	15	3	20	3		

Приложение 3. Примерный перечень вопросов к экзамену

1. Магнитное диполь-дипольное взаимодействие.
2. Обменные взаимодействия.
3. Зонная структура ферромагнитных металлов.
4. Модель Мотта зоны проводимости ферромагнитных металлов.
5. Модель взаимодействия между локализованными и делокализованными электронами в проводящих магнетиках.
6. Классическая теория Друде- Лоренца. Кинетическое уравнение Больцмана. Магнетосопротивление металлов и полупроводников.
7. Эффект Холла.
8. Метод функций Грина. Формула Кубо для проводимости. Зарядовый и спиновый токи.
9. Спиновый эффект Холла (внутренне присущий).
10. Дефазирование и рассеяние электронов с переворотом спина, кинетическое уравнение.
11. Анизотропное магнетосопротивление.
12. Граничное сопротивление, спиновое рассеяние на интерфейсе.
13. Спиновый эффект Холла (за счет рассеяния)
14. ГМС в металлических мультислоях, параллельная геометрия, больцмановская теория.
15. ГМС в металлических мультислоях, перпендикулярная геометрия, теория Ферта-Валета.
16. Туннелирование электронов в гетероструктурах с диэлектрическими барьерами.
17. Спин-поляризованное туннелирование.
18. Туннельное магнетосопротивление
19. Спин- вентильный сенсор магнитного поля и его применения в устройствах для магнитной записи и хранения информации.
20. Применение спинового вентиля в качестве ячейки хранения информации, магниторезистивная память произвольного доступа.
21. Спиновый вращающий момент, переключение магниторезистивных ячеек импульсами тока, магниторезистивная память высокой интеграции.
22. Спин- поляризованный ток в структурах металл- ферромагнитный полупроводник.
23. Спиновый диод на структурах металл- ферромагнитный полупроводник.
24. Спиновые фильтры на основе структуры металл- ферромагнитный полупроводник- полупроводник.
25. Магнитный биполярный диод.
26. Спиновый транзистор.
27. Омический и баллистический транспорт.
28. Магнетосопротивление точечных контактов из ферромагнитных материалов.
29. Квантование проводимости в ферромагнитных наноконтактах, квантовый спиновый клапан.
30. Сверхпроводящие контакты и переходы с ферромагнитной прослойкой. Пик-контакты.
31. Спиновые вентили на основе эффекта близости.
32. Эффект Джозефсона в С/Ф/С контактах, сверхпроводящая память и логика на основе С/Ф/С контактов.