

Министерство науки и высшего образования РФ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Б1.В.ДВ.01.01 Основы спинтроники

наименование дисциплины (модуля) в соответствии с учебным планом

Направление подготовки / специальность

03.04.02 Физика

Направленность (профиль)

03.04.02.02 Физика конденсированного состояния вещества

Форма обучения

очная

Год набора

2022

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Программу составили _____

доцент, А.С.Тарасов

должность, инициалы, фамилия

1 Цели и задачи изучения дисциплины

1.1 Цель преподавания дисциплины

Целью изучения дисциплины является формирование у аспирантов понимания природы явлений, связанных со спинзависимым электронным транспортом в различных классах магнитных и гибридных наноструктур, навыков самостоятельного исследования теоретических проблем спинзависимых явлений, анализа экспериментальных данных, способность решения вопросов, связанных с созданием принципиально новых электронных устройств, построенных на возможности манипулировать спиновыми степенями свободы.

1.2 Задачи изучения дисциплины

Формирование представлений об особенностях проявления спинзависимого электронного транспорта и связанных с ним явлений в низкоммерных магнитных и гибридных структурах

изучение теоретических подходов и моделей, описывающих физику явлений при протекании спин-поляризованного тока в наноструктурах;

освоение основных понятий и методов теоретического описания актуальных проблем теории спинового транспорта в наноструктурах;

развитие умения использовать современные экспериментальные методики для исследования явлений спинзависимого электронного транспорта;

1.3 Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Запланированные результаты обучения по дисциплине
ПК-1: Способен самостоятельно ставить конкретные задачи научных исследований в области физики и решать их с помощью современной аппаратуры и информационных технологий, а также анализа областей применения результатов, используя актуальную нормативную документацию	
ПК-1.1: Знает научную проблематику и актуальную нормативную документацию своей профессиональной области	научную проблематику в области спинтроники
ПК-1.2: Умеет обосновывать перспективы научных исследований	обосновывать перспективы в научных исследованиях
ПК-1.3: Владеет современной аппаратурой и информационными технологиями для применения и внедрения результатов научной деятельности	современной аппаратурой и информационными технологиями
ПК-2: Способен использовать новейший российский и зарубежный опыт, знания	

современных проблем и достижений физики в научно-исследовательской работе	
ПК-2.1: Знает современные проблемы и новейшие достижения в области физики	
ПК-2.2: Умеет применять знания современных проблем и достижений физики в научно-исследовательской работе	
ПК-2.3: Владеет навыками и приемами анализа отечественного и зарубежного опыта по тематике исследований	

1.4 Особенности реализации дисциплины

Язык реализации дисциплины: Русский.

Дисциплина (модуль) реализуется без применения ЭО и ДОТ.

2. Объем дисциплины (модуля)

Вид учебной работы	Всего, зачетных единиц (акад. час)	е
		1
Контактная работа с преподавателем:	0,89 (32)	
занятия лекционного типа	0,89 (32)	
Самостоятельная работа обучающихся:	2,11 (76)	
курсовое проектирование (КП)	Нет	
курсовая работа (КР)	Нет	
Промежуточная аттестация (Экзамен)	1 (36)	

3 Содержание дисциплины (модуля)

3.1 Разделы дисциплины и виды занятий (тематический план занятий)

		Контактная работа, ак. час.							
№ п/п	Модули, темы (разделы) дисциплины	Занятия лекционного типа		Занятия семинарского типа				Самостоятельная работа, ак. час.	
				Семинары и/или Практические занятия		Лабораторные работы и/или Практикумы			
		Всего	В том числе в ЭИОС	Всего	В том числе в ЭИОС	Всего	В том числе в ЭИОС	Всего	В том числе в ЭИОС
1. Спектр электронных состояний и транспортные свойства наноструктур									
	1. Квантовый характер электронных процессов в наноструктурах. Принцип размерного квантования. Электронные состояния в низкоразмерных структурах. Простейшие квантовые модели. Прямоугольная яма. Треугольная яма. Двойная квантовая яма. Двумерный канал. Плотность электронных состояний в низкоразмерных структурах. Особенности квантования энергетического спектра электронов в гетеропереходах.	4							
	2.							20	
2. Спин-вентильные структуры; эффект гигантского магнитосопротивления									

<p>1. Спиновая поляризация электронов в ферромагнитном металле. Поляризованный по спину ток. Феноменологическое описание и микроскопический механизм эффекта ГМС. Модель свободных электронов. Проводимость ферромагнитного металла (модель «двух токов»). Модель «двух токов» для эффекта ГСМ. Роль магнитного состояния, управление магнитным состоянием многослойных магнитных структур. Межслоевое обменное взаимодействие в многослойных магнитных структурах. Экспериментальные факты. Обзор моделей межслоевого обмена. Феноменологический подход при описании магнитного взаимодействия через немагнитную прослойку. Модель спин-зависимого отражения для обменного взаимодействия через немагнитный металл (модель «квантовой ямы»), общий случай. Приближение свободных электронов. Обменное взаимодействие через полупроводниковую прослойку. Диэлектрическая прослойка. Способы управления межслоевым обменным взаимодействием: спиновая инжекция, оптическое излучение.</p>	6							
2.							16	
3. Магнитные туннельные структуры.								

<p>1. Классические туннельные переходы с немагнитными электродами. Туннельный ток. Спин-поляризованный туннельный ток в структуре ферромагнетик/диэлектрик/сверхпроводник Спин-поляризованный электронный транспорт в туннельных структурах с ферромагнитными электродами. Туннельное магнитосо-противление. Теоретические модели спин-зависимого туннелирования в магнитных туннельных структурах. Модель Жульера. Модель Слончевского (Slonczewski).</p>	2							
<p>2. Зависимость туннельного магнитосопротивления от магнитного поля. Зависимость туннельного магнитосопротивления от напряжения смещения. Зависимость туннельного магнитосо-противления от температуры. Роль интерфейса в туннельных структурах.</p>	2							
<p>3. Эффект спиновой фильтрации в туннельных структурах с ферромагнитным потенциальным барьером. Туннельный переход с обменным смещением. Структуры с двумя потенциальными барьерами. Ферроэлектрический туннельный барьер. Гибридный магнитный туннельный барьер с ферромагнитным барьером. Кооперативные системы магнитных туннельных контактов. Спин-зависимый электронный транспорт в туннельных структурах в условиях внешних воздействий. Влияние СВЧ излучения. Влияние оптического излучения</p>	4							
4.							5	
4. Спин-зависимый транспорт в гибридных структурах.								

1. Гибридные структуры. Спиновая инжекция. Проблема «рассогласование проводимостей». Спиновая аккумуляция. Спиновый ток в полупроводниках. Спиновая релаксация. Спиновый эффект Холла. Обратный спиновый эффект Холла. Спиновый эффект Зеебека. Структуры с «органикой» для спинтроники.	6							
2.							20	
5. Спиновый транспорт и спиновая динамика в магнитных наноструктурах								
1. Эффект переноса спина. Механизм управления намагниченностью наноразмерных магнетиков поляризованным током. Взаимосвязь поляризованного тока и спиновой динамики. Обобщенное уравнение движения намагниченности (с учетом спинполяризованного тока). Генерация СВЧ излучения. Диодный эффект, детектирование СВЧ излучения. Нелинейные свойства в СВЧ диапазоне.	4							
2. Взаимосвязь спиновой динамики и спинового тока в структурах ферромагнитный диэлектрик/металл. Доменные стенки в нанопроволоках, их динамика	4							
3.							15	
4.								
Всего	32						76	

4 Учебно-методическое обеспечение дисциплины

4.1 Печатные и электронные издания:

1. Драгунов В. П., Неизвестный И. Г., Гридчин В. А. Основы наноэлектроники: учеб. пособие для студентов вузов(Москва: Физматкнига).
2. Волков Н. В., Попков С. И. Магнетизм твердых тел; диа- и парамагнетизм; магнитный порядок (физика магнитных явлений): учебно-методическое пособие [для студентов программ 011200.68.02 «Физика конденсированного состояния вещества»; 011200.68.06 «Физика магнитных явлений»](Красноярск: СФУ).
3. Ищенко А. А., Гиричев Г. В., Тарасов Ю. И. Дифракция электронов: структура и динамика свободных молекул и конденсированного состояния вещества: монография(Москва: Физматлит).
4. Демиховский В.Я., Вугальтер Г.А. Физика квантовых низкоразмерных структур: научное издание(Москва: Логос).
5. Дырдин В. В., Польшгалов Ю. И., Мальшин А. А. Физика твердого тела: учебное пособие(Кемерово: КузГТУ).
6. Овчинников С. Г., Орлов Ю. С. Квантовая теория магнетизма: учебно-методическое пособие для самостоятельной работы [для студентов напр. 010700.62 «Физика», спец. 010701.65 «Физика», 010704.65 «Физика конденсированного состояния вещества»](Красноярск: СФУ).

4.2 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение, в том числе отечественного производства (программное обеспечение, на которое университет имеет лицензию, а также свободно распространяемое программное обеспечение):

1. Математические пакеты, электронные таблицы и базы данных, доступные через локальную сеть СФУ.

4.3 Интернет-ресурсы, включая профессиональные базы данных и информационные справочные системы:

1. ИСС не используются.

5 Фонд оценочных средств

Оценочные средства находятся в приложении к рабочим программам дисциплин.

6 Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)

Учебно-лабораторная база кафедры физики твердого тела и нанотехнологий и аудиторный фонд СФУ.