

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:

ФИО: Исаев Игорь Магомедович

Должность: Проректор по учебной и научной работе

Дата подписания: 21.09.2023 14:31:36

Уникальный идентификатор документа:

d7a26b9e8ca85e98ec3de2eb454b4659d061f249

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования

«Национальный исследовательский технологический университет «МИСИС»

## Рабочая программа дисциплины (модуля)

# Материалы и элементы спинтроники и спинволновой электроники

Закреплена за подразделением

Кафедра технологии материалов электроники

Направление подготовки

11.04.04 ЭЛЕКТРОНИКА И НАНОЭЛЕКТРОНИКА

Профиль

Материалы и технологии магнитоэлектроники

Квалификация

Магистр

Форма обучения

очная

Общая трудоемкость

3 ЗЕТ

Часов по учебному плану

108

Формы контроля в семестрах:

в том числе:

зачет 2

аудиторные занятия

34

самостоятельная работа

74

### Распределение часов дисциплины по семестрам

Семестр (<Курс>.<Семестр на курсе>)	2 (1.2)		Итого	
	Неделя			
Неделя	18			
Вид занятий	УП	РП	УП	РП
Лекции	17	17	17	17
Практические	17	17	17	17
Итого ауд.	34	34	34	34
Контактная работа	34	34	34	34
Сам. работа	74	74	74	74
Итого	108	108	108	108

Программу составил(и):

*дхн, профессор, Маренкин Сергей Федорович*

Рабочая программа

**Материалы и элементы спинтроники и спинволновой электроники**

Разработана в соответствии с ОС ВО:

Самостоятельно устанавливаемый образовательный стандарт высшего образования - магистратура Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский технологический университет «МИСИС» по направлению подготовки 11.04.04 ЭЛЕКТРОНИКА И НАНОЭЛЕКТРОНИКА (приказ от 05.03.2020 г. № 95 о.в.)

Составлена на основании учебного плана:

11.04.04 Электроника и наноэлектроника, 11.04.04-МЭН-23-1.plx Материалы и технологии магнитоэлектроники, утвержденного Ученым советом НИТУ МИСИС в составе соответствующей ОПОП ВО 22.06.2023, протокол № 5-23

Утверждена в составе ОПОП ВО:

11.04.04 Электроника и наноэлектроника, Материалы и технологии магнитоэлектроники, утвержденной Ученым советом НИТУ МИСИС 22.06.2023, протокол № 5-23

Рабочая программа одобрена на заседании

**Кафедра технологии материалов электроники**

Протокол от 20.06.2023 г., №11

Руководитель подразделения Костишин Владимир Григорьевич

**1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ**

1.1	подготовка специалистов к решению современных профессиональных задач в научных и производственных коллективах, занимающихся инновационными разработками для создания технологии новых материалов и приборов спиновой, квантово-размерной электроники, спинвентильных структур и научить основным положениям гигантского и тоннельного резистивного эффектов, квантовой теории, анализу квантовых эффектов в спинтронике, физическим и физико-химическим основам технологии производства изделий спинтроники.
-----	--

**2. МЕСТО В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ**

Блок ОП:		Б1.В
<b>2.1</b>	<b>Требования к предварительной подготовке обучающегося:</b>	
2.1.1	Актуальные проблемы современной электроники и нанoeлектроники	
2.1.2	Методы математического моделирования	
2.1.3	Основы технологии углеродных наноматериалов	
2.1.4	Современные методы диагностики и исследования наногетероструктур	
2.1.5	Специальные вопросы физики магнитных явлений в конденсированных средах. Часть 1	
2.1.6	Технологии материалов для радиопоглощения и электромагнитного экранирования	
2.1.7	Физика квантоворазмерных полупроводниковых композиций	
<b>2.2</b>	<b>Дисциплины (модули) и практики, для которых освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как предшествующее:</b>	
2.2.1	Высоковакуумное оборудование	
2.2.2	Магнитные наносистемы, наноматериалы и нанотехнологии	
2.2.3	Наноструктурированные покрытия, порошки и технологии их получения	
2.2.4	Практика научно-технического перевода и деловая переписка, второй иностранный язык (английский язык)	
2.2.5	Практика научно-технического перевода и деловая переписка, второй иностранный язык (немецкий язык)	
2.2.6	Практика научно-технического перевода и деловая переписка, второй иностранный язык (французский язык)	
2.2.7	Приборы и устройства магнитоэлектроники	
2.2.8	Проектирование и технология электронной компонентной базы	
2.2.9	Радиационно-технологические процессы в электронике	
2.2.10	Технологии получения материалов	
2.2.11	Физика и техника магнитной записи	
2.2.12	Электретные и магнитоэлектрические материалы и технологии их получения	
2.2.13	Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы	
2.2.14	Преддипломная практика	

**3. РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫЕ С ФОРМИРУЕМЫМИ КОМПЕТЕНЦИЯМИ**

<b>ПК-2: Способность оптимизировать параметры технологических операций</b>
<b>Знать:</b>
ПК-2-32 Основные технологические процессы, с помощью которых в настоящее время создаются низкоразмерные тонкие плёнки и гетероструктуры неорганических и органических полупроводниковых материалов
ПК-2-31 Технический английский язык
<b>ПК-4: Способность формулировать цели и задачи научных исследований, реализовывать их проведение в области физики магнитных явлений, материаловедения и технологии магнитных материалов в соответствии с тенденциями и перспективами развития твердотельной электроники, микро-нанoeлектроники, применения энергосберегающих технологий и использования последних достижений науки и техники</b>
<b>Знать:</b>
ПК-4-31 Наиболее эффективные методы контроля параметров и свойств формируемых наноразмерных объектов.
<b>ПК-2: Способность оптимизировать параметры технологических операций</b>
<b>Знать:</b>
ПК-2-33 Базовые технологические процессы нанoeлектроники
<b>ОПК-2: Способен применять современные методы исследования, представлять и аргументировано защищать результаты выполненной работы, осуществлять моделирование, анализ и эксперименты в целях проведения детального исследования для решения сложных задач в профессиональной области</b>

<b>Знать:</b>
ОПК-2-31 современные методы исследования
<b>УК-1: Способен осуществлять критический анализ новых и сложных инженерных объектов, процессов и систем в междисциплинарном контексте, проблемных ситуаций на основе системного подхода, выбрать и применить наиболее подходящие и актуальные методы из существующих аналитических, вычислительных и экспериментальных методов или новых и инновационных методов, вырабатывать стратегию действий</b>
<b>Знать:</b>
УК-1-31 сложные инженерные объекты и процессы
<b>ПК-2: Способность оптимизировать параметры технологических операций</b>
<b>Уметь:</b>
ПК-2-У1 - применять методы численного моделирования для исследования физических моделей
<b>ПК-4: Способность формулировать цели и задачи научных исследований, реализовывать их проведение в области физики магнитных явлений, материаловедения и технологии магнитных материалов в соответствии с тенденциями и перспективами развития твердотельной электроники, микро-нанoeлектроники, применения энергосберегающих технологий и использования последних достижений науки и техники</b>
<b>Уметь:</b>
ПК-4-У1 Адекватно ставить задачи исследования и оптимизации сложных объектов
<b>УК-1: Способен осуществлять критический анализ новых и сложных инженерных объектов, процессов и систем в междисциплинарном контексте, проблемных ситуаций на основе системного подхода, выбрать и применить наиболее подходящие и актуальные методы из существующих аналитических, вычислительных и экспериментальных методов или новых и инновационных методов, вырабатывать стратегию действий</b>
<b>Уметь:</b>
УК-1-У1 осуществлять критический анализ новых систем в междисциплинарном контексте
<b>ОПК-2: Способен применять современные методы исследования, представлять и аргументировано защищать результаты выполненной работы, осуществлять моделирование, анализ и эксперименты в целях проведения детального исследования для решения сложных задач в профессиональной области</b>
<b>Уметь:</b>
ОПК-2-У1 применять и представлять и аргументировано защищать результаты выполненной работы
<b>Владеть:</b>
ОПК-2-В1 анализом экспериментов в целях проведения детального исследования для решения сложных задач в профессиональной области
<b>ПК-4: Способность формулировать цели и задачи научных исследований, реализовывать их проведение в области физики магнитных явлений, материаловедения и технологии магнитных материалов в соответствии с тенденциями и перспективами развития твердотельной электроники, микро-нанoeлектроники, применения энергосберегающих технологий и использования последних достижений науки и техники</b>
<b>Владеть:</b>
ПК-4-В1 Использованием литературных данных для построения моделей приборов электронной техники и технологий их изготовления
<b>УК-1: Способен осуществлять критический анализ новых и сложных инженерных объектов, процессов и систем в междисциплинарном контексте, проблемных ситуаций на основе системного подхода, выбрать и применить наиболее подходящие и актуальные методы из существующих аналитических, вычислительных и экспериментальных методов или новых и инновационных методов, вырабатывать стратегию действий</b>
<b>Владеть:</b>
УК-1-В1 выбирать и применять наиболее подходящие и актуальные методы из существующих аналитических, вычислительных и экспериментальных методов
<b>ПК-2: Способность оптимизировать параметры технологических операций</b>
<b>Владеть:</b>
ПК-2-В1 Расчетом режимов выполнения технологической операции
ПК-2-В2 Поэтапным контролем технологических и электрофизических параметров контрольных пластин

#### 4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ

Код занятия	Наименование разделов и тем /вид занятия/	Семестр / Курс	Часов	Формируемые индикаторы компетенций	Литература и эл. ресурсы	Примечание	КМ	Выполняемые работы
-------------	---	----------------	-------	------------------------------------	--------------------------	------------	----	--------------------

	<b>Раздел 1. Металлические спин- электронные структуры. Виды MRAM. Двухтоковая модель Мотта, экспериментальное ее подтверждение.</b>							
1.1	Металлические спин-электронные структуры /Лек/	2	2	ПК-2-31 ПК-2-32 ПК-2-33	Л1.3Л2.1Л3.1 Э1	Занятия проводятся в аудитории, оборудованной ТСО.		
1.2	Материалы и устройства. Виды MRAM. /Лек/	2	2	УК-1-31 ОПК-2-У1 ПК-2-31	Л1.1 Л1.3Л2.1 Л2.1Л3.6 Э2	Занятия проводятся в аудитории, оборудованной ТСО.		
1.3	Двух токовая модель Мотта , экспериментальное ее подтверждение. Работы А. Ферта и П. Грюнберга /Лек/	2	1	УК-1-У1 ОПК-2-У1 ПК-2-31	Л1.3Л2.1Л3.2 Э3	Занятия проводятся в аудитории, оборудованной ТСО.		
1.4	Расчеты скорости напыления, толщин тонких пленок обеспечивающих спиновые эффекты магнитосопротивления на основе двух токовой модели Мотта /Пр/	2	6	ПК-2-31 ПК-2-32 ПК-2-В1 ПК-2-В2 ПК-4-31	Л1.3Л3.2Л2.1 Э4	Занятия проводятся в аудитории, оборудованной ТСО.		
1.5	Анализ работа MRAM, пути оптимизации /Пр/	2	6	УК-1-В1 ОПК-2-В1 ПК-2-31	Л1.3Л3.6Л2.1 Э1	Методически е указания на электронном и бумажном носителе (присутствуют на кафедре)		
1.6	Ознакомление с дополнительными материалами к прослушанному циклу лекций /Ср/	2	8	ПК-4-31	Л1.3Л1.1Л2.1 Э6	Методически е указания на электронном и бумажном носителе (присутствуют на кафедре).Дополнительная литература в разделе "Приложения"		
	<b>Раздел 2. Природа гигантского и туннельного резистивного эффектов, возможности создания спиновых диодов и транзисторов</b>							
2.1	Природа гигантского резистивного эффекта /Лек/	2	3	ПК-2-31 ПК-2-33	Л1.2 Л1.3Л3.1Л2.1 Э1	Занятия проводятся в аудитории, оборудованной ТСО.		
2.2	Природа туннельного резистивного эффекта /Лек/	2	2	ПК-2-31 ПК-2-33	Л1.2 Л1.3Л2.1Л3.8 Э2	Занятия проводятся в аудитории, оборудованной ТСО.		

2.3	Возможности создания спиновых диодов и транзисторов /Лек/	2	1	ПК-2-31 ПК-4-31	Л1.2 Л1.3Л2.1Л3.9 Э3	Занятия проводятся в аудитории, оборудованной ТСО.		
2.4	Ознакомление с дополнительными материалами к прослушанной лекции /Ср/	2	32	ПК-4-У1 ПК-4-В1	Л1.3Л3.2Л3.6 Э5	Методические указания на электронном и бумажном носителе (присутствуют на кафедре). Дополнительная литература в разделе "Приложения"		
	<b>Раздел 3. Гранулированные структуры, методы получения, материалы, свойства, перспективы развития Спиновые вентили и клапаны, как основы жестких дисков компьютеров. Материалы этих устройств. Пути оптимизации параметров этих устройств</b>							
3.1	Гранулированные структуры, методы получения, свойства, материалы, перспективы развития /Лек/	2	2	ПК-2-31 ПК-2-32 ПК-2-33 ПК-4-31 ПК-4-В1	Л1.2 Л3.6 Л1.3Л2.1Л2.1 Э4	Занятия проводятся в аудитории, оборудованной ТСО.		
3.2	Материалы этих устройств. Пути оптимизации параметров этих устройств Металлические спин-электронные структуры Материалы и устройства /Лек/	2	2	ПК-2-31 ПК-2-33	Л3.1 Л1.1 Л2.1 Л1.3Л2.2Л2.1 Э5	Занятия проводятся в аудитории, оборудованной ТСО.		
3.3	Спиновые вентили и клапаны /Лек/	2	2	ПК-2-33 ПК-4-31	Л1.1 Л1.3 Л1.1Л2.3Л1.1 Э3	Занятия проводятся в аудитории, оборудованной ТСО.		
3.4	Анализ работы спинового вентиля, пути оптимизации /Пр/	2	5	ПК-2-33 ПК-2-У1 ПК-2-В1	Л1.3Л3.8Л1.1 Э6	Методические указания на электронном и бумажном носителе (присутствуют на кафедре)		Р1

3.5	Ознакомление с дополнительными материалами к прослушанной лекции /Ср/	2	34	ПК-2-У1 ПК-2-В1 ПК-4-У1	Л1.3Л3.ЛЛ2.1 Э2	Методические указания на электронном и бумажном носителе (присутствуют на кафедре). Дополнительная литература в разделе "Приложения"		
-----	---	---	----	-------------------------	--------------------	---	--	--

### 5. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ

#### 5.1. Контрольные мероприятия (контрольная работа, тест, коллоквиум, экзамен и т.п), вопросы для самостоятельной подготовки

Код КМ	Контрольное мероприятие	Проверяемые индикаторы компетенций	Вопросы для подготовки
КМ1	Зачет	ОПК-2-31;ОПК-2-В1;УК-1-У1;ОПК-2-У1;УК-1-31;УК-1-В1;ПК-2-32;ПК-2-33;ПК-2-У1;ПК-2-В2;ПК-2-31;ПК-2-В1;ПК-4-31;ПК-4-В1;ПК-4-У1	<p>1.Взаимодействие магнитного поля с веществом. Дать определение диамагнетика, парамагнетика, ферромагнетика.</p> <p>2.Эффект Лоренца .</p> <p>3.Эффект гигантского магнетосопротивления, история открытия. Материалы, в которых обнаруживается эффект ГМС.</p> <p>4.Магнитная восприимчивость и проницаемость, дать определения. Порядки величин этих параметров для диамагнетиков.</p> <p>5.Преимущества магнитной операционной памяти (MRAM) перед другими видами магнитной памяти.</p> <p>6.Резистивная модель эффекта гигантского магнетосопротивления (ГМС).</p> <p>7.Влияние магнитного поля на магнетики. Отличие ферромагнетиков от ферри- и антиферромагнетиков.</p> <p>8.Определение понятия доменов, поведение намагниченности ферромагнетика в магнитном поле.</p> <p>9.Методы получения сверхрешеток и гранулированных структур. Описание молекулярной эпитаксии и импульсного лазерного напыления.</p> <p>10.Туннельный магниторезистивный эффект. История открытия, природа, материалы, на которых обнаруживается этот эффект.</p> <p>11.Спин-вентильная структура и ее характеристики.</p> <p>12.Преимущество устройств спинтроники перед обычными устройствами электроники.</p> <p>13.Размерный эффект в Лоренцевском магнетосопротивлении.</p>

#### 5.2. Перечень работ, выполняемых по дисциплине (Курсовая работа, Курсовой проект, РГР, Реферат, ЛР, ПР и т.п.)

Код работы	Название работы	Проверяемые индикаторы компетенций	Содержание работы
Р1	Работа	ПК-2-33;ПК-2-У1;ПК-2-В1	<p>Резистивная модель эффекта гигантского магнетосопротивления. Ферромагнетики: природа, локализация, особенности их зонной структуры.</p> <p>Магниторезистивный туннельный переход. Природа процесса. Материалы, на которых реализуется магниторезистивный туннельный переход.</p> <p>Гранулированные структуры с эффектом гигантского магнетосопротивления. Материалы, на которых реализуются гранулированные структуры.</p> <p>Природа лоренцевского магниторезистивного эффекта. Резистивная модель гигантского магниторезистивного эффекта и связь ее с моделью Мотта.</p>

#### 5.3. Оценочные материалы, используемые для экзамена (описание билетов, тестов и т.п.)

В данном курсе предусмотрен Зачет , как финальное испытание.

**5.4. Методика оценки освоения дисциплины (модуля, практики. НИР)**

Обучающийся для получения зачета должен выполнить все работы (посещение и работа на лекциях и практических занятиях) данной дисциплины.

Оценка формируется как среднее арифметическое из оценок за все выполненные работы по дисциплине, а именно:

Работа на практических занятиях и лекциях 20%

Собеседование 30%

Доклад 20%

Зачет 30%.

**6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ****6.1. Рекомендуемая литература****6.1.1. Основная литература**

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л1.1	Борисенко В. Е.	Нанoeлектроника: теория и практика: учебник	Электронная библиотека	Москва: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2015
Л1.2	Рыжонков Д. И., Лёвина В. В., Дзидзигури Э. Л.	Наноматериалы: учебное пособие	Электронная библиотека	Москва: Лаборатория знаний, 2017
Л1.3	Соколов И. А.	Расчеты процессов полупроводниковой технологии: Учеб. пособие для вузов	Библиотека МИСиС	М.: Металлургия, 1994

**6.1.2. Дополнительная литература**

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л2.1	Шустиков А. А., Ханнинк Р., Хилл А.	Наноструктурные материалы: монография	Электронная библиотека	Москва: РИЦ Техносфера, 2009
Л2.2	Анциферов В. Н., Бездудный Ф. Ф., Белянчиков Л. Н., др., Карабасов Ю. С.	Новые материалы	Библиотека МИСиС	М.: Изд-во МИСиС, 2002
Л2.3	Рабинович О. И., Крутогин Д. Г., Подгорная С. В., Маренкин С. Ф.	Физико-химические основы процессов микро- и нанотехнологий: учебно-метод. пособие	Библиотека МИСиС	М.: Изд-во МИСиС, 2015

**6.1.3. Методические разработки**

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л3.1	Троян П. Е., Сахаров Ю. В.	Нанoeлектроника: учебное пособие	Электронная библиотека	Томск: Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 2010
Л3.2	Игумнов В. Н.	Толсто пленочные элементы электроники и микроэлектроники: монография	Электронная библиотека	Йошкар-Ола: Поволжский государственный технологический университет, 2015
Л3.3	Щука А. А., Сигов А. А.	Нанoeлектроника: учебное пособие	Электронная библиотека	Москва: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2015
Л3.4	Зебрев Г. И.	Физические основы кремниевой нанoeлектроники: учебное пособие для вузов	Электронная библиотека	Москва: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2015



	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
ЛЗ.5	Цеханович О. М.	Внутренняя память ПЭВМ: учеб. пособие по курсу "Организация ЭВМ и систем" для бакалавров спец. "Системы автоматизированного проектирования"	Библиотека МИСиС	М.: Изд-во МГТУ, 2004
ЛЗ.6	Добаткин С. В.	Наноматериалы. Объемные металлические нано- и субмикроструктурные материалы, полученные интенсивной пластической деформацией: учеб. пособие для студ. вузов, обуч. по напр. 'Металлургия'	Электронная библиотека	М.: Учеба, 2007
ЛЗ.7	Кожитов Л. В., Крапухин В. В., Маренкин С. Ф., Тимошина Г. Г., Кожитов Л. В.	Технология материалов электронной техники: Лаб. практикум	Электронная библиотека	М.: Учеба, 2004
ЛЗ.8	Крапухин В. В., Соколов И. А., Тимошин А. С.	Теоретические основы технологии полупроводниковых материалов. Ч. 1: лаб. практикум для студ. спец. 0643	Библиотека МИСиС	М.: Учеба, 1986
ЛЗ.9	Крапухин В. В., Соколов И. А., Тимошин А. С.	Теоретические основы технологии полупроводниковых материалов. Ч. 2: лаб. практикум для студ. спец. 0643	Библиотека МИСиС	М.: Учеба, 1986
ЛЗ.10	Ковалев А. Н.	Гетероструктурная нанoeлектроника: учеб. пособие	Библиотека МИСиС	М.: Изд-во МИСиС, 2009

#### 6.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

Э1	Wolf S.A., Chtchelkanova A.Y., Treger D.M. Spintronics - A retrospective and perspective (Review) // IBM Journal of Research and Development 2006 Volume 50, Issue 1, Pages 101-110. doi: 10.1147/rd.501.0101	<a href="https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-32944462861&amp;origin=resultslist&amp;sort=cp-f&amp;src=s&amp;st1=SPINTRONICS+TECHNOLOGY%3a+A+REVIEW&amp;st2=&amp;sid=f8134386594ad00b5477cfb6f26f13b7&amp;sot=b&amp;sdt=b&amp;sl=47&amp;s=TITLE-ABS-KEY%28SPINTRONICS+TECHNOLOGY%3a+A+REVIEW%29&amp;relpos=8&amp;citeCnt=169&amp;searchTerm=">https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-32944462861&amp;origin=resultslist&amp;sort=cp-f&amp;src=s&amp;st1=SPINTRONICS+TECHNOLOGY%3a+A+REVIEW&amp;st2=&amp;sid=f8134386594ad00b5477cfb6f26f13b7&amp;sot=b&amp;sdt=b&amp;sl=47&amp;s=TITLE-ABS-KEY%28SPINTRONICS+TECHNOLOGY%3a+A+REVIEW%29&amp;relpos=8&amp;citeCnt=169&amp;searchTerm=</a>
Э2	Yuasa S., Nagahama T., Fukushima A., Suzuki Y., Ando K. Giant room-temperature magnetoresistance in single-crystal Fe/MgO/Fe magnetic tunnel junctions (Article) // Nature Materials, 2004. Volume 3. Issue 12. Pages 868-871. doi:10.1038/nmat1257	<a href="https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-10044257857&amp;origin=resultslist&amp;sort=cp-f&amp;src=s&amp;st1=MRAM&amp;nlo=&amp;nlr=&amp;nls=&amp;sid=8c62c40f3d0673e400938ba62de60ce6&amp;sot=b&amp;sdt=b&amp;sl=19&amp;s=TITLE-ABS-KEY%28MRAM%29&amp;relpos=0&amp;citeCnt=2299&amp;searchTerm=">https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-10044257857&amp;origin=resultslist&amp;sort=cp-f&amp;src=s&amp;st1=MRAM&amp;nlo=&amp;nlr=&amp;nls=&amp;sid=8c62c40f3d0673e400938ba62de60ce6&amp;sot=b&amp;sdt=b&amp;sl=19&amp;s=TITLE-ABS-KEY%28MRAM%29&amp;relpos=0&amp;citeCnt=2299&amp;searchTerm=</a>
Э3	Fabian J., Matos-Abiague A., Ertler C., Stano P., Žutić I. Semiconductor spintronics (Article) // Acta Physica Slovaca, 2007, Volume 57, Issue 4-5, Pages 565-907. doi: 10.2478/v10155-010-0086-8	<a href="https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-35548978326&amp;origin=resultslist&amp;sort=cp-f&amp;src=s&amp;st1=SPIN+transistors&amp;st2=&amp;sid=f8134386594ad00b5477cfb6f26f13b7&amp;sot=b&amp;sdt=b&amp;sl=31&amp;s=TITLE-ABS-KEY%28SPIN+transistors%29&amp;relpos=18&amp;citeCnt=739&amp;searchTerm=">https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-35548978326&amp;origin=resultslist&amp;sort=cp-f&amp;src=s&amp;st1=SPIN+transistors&amp;st2=&amp;sid=f8134386594ad00b5477cfb6f26f13b7&amp;sot=b&amp;sdt=b&amp;sl=31&amp;s=TITLE-ABS-KEY%28SPIN+transistors%29&amp;relpos=18&amp;citeCnt=739&amp;searchTerm=</a>
Э4	Magnetoresistance of Mn:Ge ferromagnetic nanoclusters in a diluted magnetic semiconductor matrix (Article) // Applied Physics Letters, 2001, Volume 78, Issue 18, Pages 2739-2741. doi: 10.1063/1.1369151	<a href="https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-0035971764&amp;origin=resultslist&amp;sort=cp-f&amp;src=s&amp;st1=granular+matrix+semiconductor+magnetic&amp;st2=&amp;sid=f8134386594ad00b5477cfb6f26f13b7&amp;sot=b&amp;sdt=b&amp;sl=53&amp;s=TITLE-ABS-KEY%28granular+matrix+semiconductor+magnetic%29&amp;relpos=0&amp;citeCnt=170&amp;searchTerm=">https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-0035971764&amp;origin=resultslist&amp;sort=cp-f&amp;src=s&amp;st1=granular+matrix+semiconductor+magnetic&amp;st2=&amp;sid=f8134386594ad00b5477cfb6f26f13b7&amp;sot=b&amp;sdt=b&amp;sl=53&amp;s=TITLE-ABS-KEY%28granular+matrix+semiconductor+magnetic%29&amp;relpos=0&amp;citeCnt=170&amp;searchTerm=</a>

Э5	Abeles B., Hanak J.J. Superconducting and semiconducting phases of granular films/ Physics Letters A, 1971, 34 (3), pp. 165-166. doi: 10.1016/0375-9601(71)90808-5	<a href="https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-0242356183&amp;origin=reflist&amp;sort=cp-f&amp;src=s&amp;st1=granular+structure&amp;st2=&amp;sid=f8134386594ad00b5477cfb6f26f13b7&amp;sot=b&amp;sdt=b&amp;sl=33&amp;s=TITLE-ABS-KEY%28granular+structure%29&amp;recordRank=">https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-0242356183&amp;origin=reflist&amp;sort=cp-f&amp;src=s&amp;st1=granular+structure&amp;st2=&amp;sid=f8134386594ad00b5477cfb6f26f13b7&amp;sot=b&amp;sdt=b&amp;sl=33&amp;s=TITLE-ABS-KEY%28granular+structure%29&amp;recordRank=</a>
Э6	Fusil S., Garcia V., Barthélemy A., Bibes M. Magnetoelectric devices for spintronics(Article) // Annual Review of Materials Research, 2014, Volume 44, Pages 91-116. doi: 10.1146/annurev-matsci-070813-113315	<a href="https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-84903975748&amp;origin=resultslist&amp;sort=cp-f&amp;src=s&amp;st1=spin+valve&amp;nlo=&amp;nlr=&amp;nls=&amp;sid=c457d14544d89d55f0b77c4764305aab&amp;sot=b&amp;sdt=cl&amp;cluster=scopubyr%2c%222016%22%2ct%2c%222015%22%2ct%2c%222014%22%2ct%2c%222013%22%2ct&amp;sl=25&amp;s=TITLE-ABS-KEY%28spin+valve%29&amp;relpos=6&amp;citeCnt=199&amp;searchTerm=">https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-84903975748&amp;origin=resultslist&amp;sort=cp-f&amp;src=s&amp;st1=spin+valve&amp;nlo=&amp;nlr=&amp;nls=&amp;sid=c457d14544d89d55f0b77c4764305aab&amp;sot=b&amp;sdt=cl&amp;cluster=scopubyr%2c%222016%22%2ct%2c%222015%22%2ct%2c%222014%22%2ct%2c%222013%22%2ct&amp;sl=25&amp;s=TITLE-ABS-KEY%28spin+valve%29&amp;relpos=6&amp;citeCnt=199&amp;searchTerm=</a>

### 6.3 Перечень программного обеспечения

П.1	Microsoft Office
П.2	LMS Canvas
П.3	MATCAD

### 6.4. Перечень информационных справочных систем и профессиональных баз данных

И.1	Scopus ( <a href="https://www.scopus.com/">https://www.scopus.com/</a> )
И.2	Springer Materials ( <a href="https://materials.springer.com/">https://materials.springer.com/</a> )
И.3	eLIBRARY.RU: <a href="http://elibrary.ru/">http://elibrary.ru/</a>
И.4	Электронная библиотека МИСиС <a href="http://elibrary.misis.ru/">http://elibrary.misis.ru/</a>
И.5	Сайт Спинтроника (рабочей научная группа С.Ф. Маренкина) ( <a href="https://spintronics.ru/">https://spintronics.ru/</a> )

## 7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

Ауд.	Назначение	Оснащение
Любой корпус Мультимедийная	Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа и/или для проведения практических занятий:	комплект учебной мебели до 36 мест для обучающихся, мультимедийное оборудование, магнитно-маркерная доска, рабочее место преподавателя, ПКс доступом к ИТС «Интернет», ЭИОС университета через личный кабинет на платформе LMS Canvas, лицензионные программы MS Office, MS Teams, ESET Antivirus
Читальный зал электронных ресурсов		комплект учебной мебели на 55 мест для обучающихся, 50 ПК с доступом к ИТС «Интернет», ЭИОС университета через личный кабинет на платформе LMS Canvas, лицензионные программы MS Office, MS Teams, ESET Antivirus.
Любой корпус Мультимедийная	Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа и/или для проведения практических занятий:	комплект учебной мебели до 36 мест для обучающихся, мультимедийное оборудование, магнитно-маркерная доска, рабочее место преподавателя, ПКс доступом к ИТС «Интернет», ЭИОС университета через личный кабинет на платформе LMS Canvas, лицензионные программы MS Office, MS Teams, ESET Antivirus

## 8. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ

Для изучения дисциплины рекомендуется изучать тему занятия до его проведения, используя указанную литературу раздела "Содержание" и дополнительные материалы раздела "Приложения"