

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:

ФИО: Исаев Игорь Магомедович

Должность: Проректор по учебной и научной работе

Дата подписания: 28.04.2023 15:37:05

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)

Spintronics materials and devices / Материалы и элементы спинтроники

Закреплена за подразделением

Кафедра технологии материалов электроники

Направление подготовки

28.04.01 НАНОТЕХНОЛОГИИ И МИКРОСИСТЕМНАЯ ТЕХНИКА

Профиль

Nanotechnology and Materials for Micro- and Nanosystems/Нанотехнологии,
материалы микро- и наносистемной техники

Квалификация

Магистр

Форма обучения

очная

Общая трудоемкость

4 ЗЕТ

Часов по учебному плану

144

Формы контроля в семестрах:

в том числе:

зачет с оценкой 1

аудиторные занятия

32

самостоятельная работа

112

Распределение часов дисциплины по семестрам

Семестр (<Курс>.<Семестр на курсе>)	1 (1.1)		Итого	
	УП	РП	УП	РП
Неделя	19			
Вид занятий	УП	РП	УП	РП
Лекции	16	16	16	16
Практические	16	16	16	16
Итого ауд.	32	32	32	32
Контактная работа	32	32	32	32
Сам. работа	112	112	112	112
Итого	144	144	144	144

Программу составил(и):

дхн, профессор, Маренкин Сергей Федорович

Рабочая программа

Spintronics materials and devices / Материалы и элементы спинтроники

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 28.04.01 НАНОТЕХНОЛОГИИ И МИКРОСИСТЕМНАЯ ТЕХНИКА (приказ от 02.04.2021 г. № 119 о.в.)

Составлена на основании учебного плана:

28.04.01 Нанотехнологии и микросистемная техника, 28.04.01-МНТМ-22-2А.plx Nanotechnology and Materials for Micro- and Nanosystems/Нанотехнологии, материалы микро- и наносистемной техники, утвержденного Ученым советом НИТУ МИСИС в составе соответствующей ОПОП ВО 22.09.2022, протокол № 8-22

Утверждена в составе ОПОП ВО:

28.04.01 Нанотехнологии и микросистемная техника, Nanotechnology and Materials for Micro- and Nanosystems/Нанотехнологии, материалы микро- и наносистемной техники, утвержденной Ученым советом НИТУ МИСИС 22.09.2022, протокол № 8-22

Рабочая программа одобрена на заседании

Кафедра технологии материалов электроники

Протокол от 16.06.2022 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 туннельного 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
2.1	Требования к предварительной подготовке обучающегося:	
2.2	Дисциплины (модули) и практики, для которых освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как предшествующее:	
2.2.1	Modern methods of structural characterisation of micro- and nano-systems/Современные методы диагностики и исследования материалов, нано- и микросистем	
2.2.2	Photovoltaic materials / Материалы фотовольтаики	
2.2.3	Physics & Engineering of magnetic nanomaterials, micro- and nanosystems / Физика и инженерия магнитных материалов, микро- и наносистем	
2.2.4	Research practice/Научно-исследовательская практика	
2.2.5	Synthesis of nanomaterials and heterostructures / Методы синтеза наноматериалов и гетероструктур	
2.2.6	Technology and Materials of Quantum Electronics / Технологии и материалы квантовой электроники	
2.2.7	Методы исследования материалов	
2.2.8	Технологии получения материалов	
2.2.9	Embedded systems and software engineering / Проектирование и программное обеспечение встроенных систем	
2.2.10	Material Selection / Выбор материалов	
2.2.11	Methods of mathematical modeling / Методы математического моделирования	
2.2.12	Micro and nano sensors/ Микро- и наносенсоры	
2.2.13	Simulation methods/ Моделирование и проектирование микро- и наносистем	
2.2.14	Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы	

3. РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫЕ С ФОРМИРУЕМЫМИ КОМПЕТЕНЦИЯМИ

ПК-1: Способен разрабатывать технологические процессы и внедрение их в производство	
Знать:	
ПК-1-32	Теория планирования эксперимента и обработки данных
ПК-1-31	Технический английский язык
ПК-1-33	Методы исследования структур
ПК-2: Способен оптимизировать параметры технологических операций	
Знать:	
ПК-2-31	Технический английский язык
ПК-2-32	Основные технологические процессы, с помощью которых в настоящее время создаются низкоразмерные тонкие плёнки и гетероструктуры неорганических и органических полупроводниковых материалов
ПК-2-33	Базовые технологические процессы наноэлектроники
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	
Знать:	
УК-1-31	сложные инженерные объекты, процессы и системы в междисциплинарном контексте
УК-2: Способен интегрировать знания и принимать решения в сложных ситуациях, формулировать суждения на основе неполной или ограниченной информации, управлять проектом на всех этапах его жизненного цикла	
Знать:	
УК-2-31	информацию в рамках научного проекта

ПК-4: Способен формулировать цели и задачи научных исследований, реализовывать их внедрение в области материаловедения и технологии материалов для микро- и наносистем в соответствии с тенденциями и перспективами развития микро- и наносистемной техники, энергосберегающих технологий и использованием последних достижений науки и техники
Знать:
ПК-4-31 Наиболее эффективные методы контроля параметров и свойств формируемых наноразмерных объектов.
ПК-2: Способен оптимизировать параметры технологических операций
Уметь:
ПК-2-У1 - применять методы численного моделирования для исследования физических моделей
ПК-4: Способен формулировать цели и задачи научных исследований, реализовывать их внедрение в области материаловедения и технологии материалов для микро- и наносистем в соответствии с тенденциями и перспективами развития микро- и наносистемной техники, энергосберегающих технологий и использованием последних достижений науки и техники
Уметь:
ПК-4-У1 Адекватно ставить задачи исследования и оптимизации сложных объектов
УК-2: Способен интегрировать знания и принимать решения в сложных ситуациях, формулировать суждения на основе неполной или ограниченной информации, управлять проектом на всех этапах его жизненного цикла
Уметь:
УК-2-У1 интегрировать знания и принимать решения в сложных ситуациях
ПК-1: Способен разрабатывать технологические процессы и внедрение их в производство
Уметь:
ПК-1-У1 Владеть методами сбора данных, изучения, анализа и обобщения научно-технической информации
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
Уметь:
УК-1-У1 осуществлять критический анализ новых проблемных ситуаций на основе системного подхода
Владеть:
УК-1-В1 подходящими и актуальными методами из существующих аналитических, вычислительных и экспериментальных методов
ПК-4: Способен формулировать цели и задачи научных исследований, реализовывать их внедрение в области материаловедения и технологии материалов для микро- и наносистем в соответствии с тенденциями и перспективами развития микро- и наносистемной техники, энергосберегающих технологий и использованием последних достижений науки и техники
Владеть:
ПК-4-В1 Использованием литературных данных для построения моделей приборов электронной техники и технологий их изготовления
ПК-2: Способен оптимизировать параметры технологических операций
Владеть:
ПК-2-В2 Поэтапным контролем технологических и электрофизических параметров контрольных пластин
ПК-1: Способен разрабатывать технологические процессы и внедрение их в производство
Владеть:
ПК-1-В1 Математическим аппаратом и численными методами для моделирования физико-химических процессов и явлений, лежащих в основе микро- и нанотехнологий
УК-2: Способен интегрировать знания и принимать решения в сложных ситуациях, формулировать суждения на основе неполной или ограниченной информации, управлять проектом на всех этапах его жизненного цикла
Владеть:
УК-2-В1 формулировками суждений на основе неполной или ограниченной информации
ПК-2: Способен оптимизировать параметры технологических операций
Владеть:
ПК-2-В1 Расчетом режимов выполнения технологической операции

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
	Раздел 1. Металлические спин- электронные структуры. Виды MRAM. Двухтоковая модель Мотта, экспериментальное ее подтверждение.							
1.1	Металлические спин-электронные структуры /Лек/	1	2	ПК-1-31 ПК-2-31 ПК-2-32 ПК-2-33	Л1.1 Л1.3Л2.1Л3.1 Э1	Занятия проводятся в аудитории, оборудованной ТСО.		
1.2	Материалы и устройства. Виды MRAM. /Лек/	1	2	ПК-1-31 ПК-2-31 УК-1-У1 УК-2-У1	Л1.1 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/	1	1	ПК-1-31 ПК-2-31 УК-1-31 УК-2-31	Л1.1 Л3.6 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/	1	6	ПК-1-31 ПК-1-32 ПК-1-33 ПК-1-В1 ПК-2-31 ПК-2-32 ПК-2-В1 ПК-2-В2 ПК-4-31	Л1.1 Л1.3Л3.2Л2.1 Э4	Занятия проводятся в аудитории, оборудованной ТСО.		
1.5	Анализ работа MRAM, пути оптимизации /Пр/	1	6	ПК-1-31 ПК-1-В1 ПК-2-31	Л1.1 Л1.3Л3.6Л2.1 Э1	Методические указания на электронном и бумажном носителе (присутствуют на кафедре)		
1.6	Ознакомление с дополнительными материалами к прослушанному циклу лекций /Ср/	1	38	ПК-4-31	Л1.1 Л3.6 Л1.3Л1.1Л2.1 Э6	Методические указания на электронном и бумажном носителе (присутствуют на кафедре).Дополнительная литература в разделе "Приложения"		
	Раздел 2. Природа гигантского и туннельного резистивного эффектов, возможности создания спиновых диодов и транзисторов							
2.1	Природа гигантского резистивного эффекта /Лек/	1	2	ПК-1-31 ПК-2-31 ПК-2-33 УК-1-В1 УК-2-В1	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л3.1Л2.1 Э1	Занятия проводятся в аудитории, оборудованной ТСО.		

2.2	Природа тоннельного резистивного эффекта /Лек/	1	2	ПК-1-31 ПК-1-У1 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/	1	1	ПК-1-31 ПК-1-32 ПК-1-33 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/	1	38	ПК-1-31 ПК-4-У1 ПК-4-В1	Л1.1 Л1.3Л3.2Л3. 6 Э5	Методические указания на электронном и бумажном носителе (присутствуют на кафедре). Дополнительная литература в разделе "Приложения"		
	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							
3.1	Гранулированные структуры, методы получения, свойства, материалы, перспективы развития /Лек/	1	2	ПК-1-31 ПК-1-33 ПК-2-31 ПК-2-32 ПК-2-33 ПК-4-31 ПК-4-В1	Л1.2 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/	1	2	ПК-1-31 ПК-1-33 ПК-1-У1 ПК-1-В1 ПК-2-31 ПК-2-33	Л1.1 Л1.3Л2.2Л2. 1 Э5	Занятия проводятся в аудитории, оборудованной ТСО.		
3.3	Спиновые вентили и клапаны /Лек/	1	2	ПК-1-31 ПК-1-В1 ПК-2-33 ПК-4-31	Л1.1 Л1.3Л2.3Л1. 1 Э3	Занятия проводятся в аудитории, оборудованной ТСО.		
3.4	Выполнение домашнего задания - Анализ работы спинового вентиля, пути оптимизации /Пр/	1	4	ПК-1-31 ПК-1-В1 ПК-2-33 ПК-2-У1 ПК-2-В1	Л1.1 Л1.3Л3.8Л3. 10 Э6	Методические указания на электронном и бумажном носителе (присутствуют на кафедре)		P1

3.5	Ознакомление с дополнительными материалами к прослушанной лекции /Ср/	1	36	ПК-2-У1 ПК-2-В1 ПК-4-У1	Л1.3 Л3.10Л3.1Л2 .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 с оценкой	УК-2-31;УК-2-У1;УК-1-31;УК-2-В1;УК-1-У1;УК-1-В1;ПК-1-31;ПК-1-33;ПК-1-У1;ПК-2-31;ПК-1-32;ПК-1-В1;ПК-2-32;ПК-2-33;ПК-2-В1;ПК-4-31;ПК-4-У1;ПК-4-В1;ПК-2-В2;ПК-2-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> <p>14.Спин-зависимая проводимость, 2-х – токовая модель Мотта.</p> <p>15.Резистивная модель эффекта гигантского магнетосопротивления.</p> <p>16.Ферромагнетики: природа, локализация, особенности их зонной структуры.</p> <p>17.Магниторезистивный туннельный переход. Природа процесса. Материалы, на которых реализуется магниторезистивный туннельный переход.</p> <p>18.Гранулированные структуры с эффектом гигантского магнетосопротивления. Материалы, на которых реализуются гранулированные структуры.</p> <p>19.Природа лоренцевского магниторезистивного эффекта.</p> <p>20.Резистивная модель гигантского магниторезистивного эффекта и связь ее с моделью Мотта.</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
------------	-----------------	------------------------------------	-------------------

P1	ДЗ	ПК-1-31;ПК-1-В1;ПК-4-31;ПК-2-33	Гранулированные структуры с эффектом гигантского магнитосопротивления. Материалы, на которых реализуются гранулированные структуры. Природа лоренцевского магниторезистивного эффекта. Резистивная модель гигантского магниторезистивного эффекта и связь ее с моделью Мотта.
----	----	---------------------------------	---

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

В данном курсе предусмотрен Зачет с оценкой, 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

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
ЛЗ.4	Зебрев Г. И.	Физические основы кремниевой нанoeлектроники: учебное пособие для вузов	Электронная библиотека	Москва: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2015
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 субмикрoкристаллические 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., Chitchekanova 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	https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-32944462861&origin=resultslist&sort=cp-f&src=s&st1=SPINTRONICS+TECHNOLOGY%3a+A+REVIEW&st2=&sid=f8134386594ad00b5477cfb6f26f13b7&sof=b&sdt=b&sl=47&s=TITLE-ABS-KEY%28SPINTRONICS+TECHNOLOGY%3a+A+REVIEW%29&relpos=8&citeCnt=169&searchTerm=
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	https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-10044257857&origin=resultslist&sort=cp-f&src=s&st1=MRAM&nlo=&nlr=&nls=&sid=8c62c40f3d0673e400938ba62de60ce6&sof=b&sdt=b&sl=19&s=TITLE-ABS-KEY%28MRAM%29&relpos=0&citeCnt=2299&searchTerm=
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	https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-35548978326&origin=resultslist&sort=cp-f&src=s&st1=SPIN+transistors&st2=&sid=f8134386594ad00b5477cfb6f26f13b7&sof=b&sdt=b&sl=31&s=TITLE-ABS-KEY%28SPIN+transistors%29&relpos=18&citeCnt=739&searchTerm=

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	https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-0035971764&origin=resultslist&sort=cp-f&src=s&st1=granular+matrix+semiconductor+magnetic&st2=&sid=f8134386594ad00b5477cfb6f26f13b7&sot=b&sdt=b&sl=53&s=TITLE-ABS-KEY%28granular+matrix+semiconductor+magnetic%29&relpos=0&citeCnt=170&searchTerm=
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	https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-0242356183&origin=reflist&sort=cp-f&src=s&st1=granular+structure&st2=&sid=f8134386594ad00b5477cfb6f26f13b7&sot=b&sdt=b&sl=33&s=TITLE-ABS-KEY%28granular+structure%29&recordRank=
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	https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-84903975748&origin=resultslist&sort=cp-f&src=s&st1=spin+valve&nlo=&nlr=&nls=&sid=c457d14544d89d55f0b77c4764305aab&sot=b&sdt=cl&cluster=scopubyr%2c%222016%22%2ct%2c%222015%22%2ct%2c%222014%22%2ct%2c%222013%22%2ct&sl=25&s=TITLE-ABS-KEY%28spin+valve%29&relpos=6&citeCnt=199&searchTerm=

6.3 Перечень программного обеспечения

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

6.4. Перечень информационных справочных систем и профессиональных баз данных

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

7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

Ауд.	Назначение	Оснащение
Читальный зал №4 (Б)		комплект учебной мебели на 20 рабочих мест, компьютеры с подключением к сети «Интернет» и доступом в электронную информационно-образовательную среду университета
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
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

Учебная литература по курсу на английском языке для использования в учебном процессе находится на кафедре. Для изучения дисциплины рекомендуется изучать тему занятия до его проведения, используя указанную литературу раздела "Содержание" и дополнительные материалы раздела "Приложения"