

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:

ФИО: Исаев Игорь Магомедович

Должность: Проректор по учебной работе

Дата подписания: 25.08.2023 15:48:39

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)

Квантовые сенсоры и квантовая метрология

Закреплена за подразделением

Кафедра теоретической физики и квантовых технологий

Направление подготовки

03.04.02 ФИЗИКА

Профиль

Квантовое материаловедение

Квалификация

Магистр

Форма обучения

очная

Общая трудоемкость

4 ЗЕТ

Часов по учебному плану

144

Формы контроля в семестрах:

в том числе:

экзамен 2

аудиторные занятия

68

курсовая работа 2

самостоятельная работа

49

часов на контроль

27

Распределение часов дисциплины по семестрам

Семестр (<Курс>.<Семестр на курсе>)	2 (1.2)		Итого	
	Неделя 18			
Вид занятий	УП	РП	УП	РП
Лекции	17	17	17	17
Лабораторные	17	17	17	17
Практические	34	34	34	34
Итого ауд.	68	68	68	68
Контактная работа	68	68	68	68
Сам. работа	49	49	49	49
Часы на контроль	27	27	27	27
Итого	144	144	144	144

Программу составил(и):

дфмн, профессор, Карпов Александр Владимирович

Рабочая программа

Квантовые сенсоры и квантовая метрология

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 03.04.02 ФИЗИКА (приказ от 02.04.2021 г. № 119 о.в.)

Составлена на основании учебного плана:

03.04.02 ФИЗИКА, 03.04.02-МФ3-23-2.plx Квантовое материаловедение, утвержденного Ученым советом НИТУ МИСИС в составе соответствующей ОПОП ВО 22.06.2023, протокол № 5-23

Утверждена в составе ОПОП ВО:

03.04.02 ФИЗИКА, Квантовое материаловедение, утвержденной Ученым советом НИТУ МИСИС 22.06.2023, протокол № 5-23

Рабочая программа одобрена на заседании

Кафедра теоретической физики и квантовых технологий

Протокол от 22.06.2021 г., №11/21

Руководитель подразделения Д.ф.-м.н., профессор Мухин Сергей Иванович

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ

1.1	Цель дисциплины – подготовка магистрантов для решения экспериментальных и теоретических задач в области физики квантовых сенсоров и квантовой метрологии.
1.2	Задачи дисциплины:
1.3	1. Освоение магистрантами методов теоретического анализа в области физики квантовых сенсоров и квантовой метрологии на примере сверхпроводящих высокочастотных схем.
1.4	2. Освоение магистрантами методов расчёта высокочастотных характеристик сверхпроводящих схем.
1.5	3. Освоение магистрантами методов решения экспериментальных задач в области физики квантовых сенсоров и квантовой метрологии на примере сверхпроводящих высокочастотных схем.
1.6	4. Ознакомление магистрантов с оборудованием и техникой низкотемпературных экспериментов в лаборатории сверхпроводящих метаматериалов.
1.7	5. Развитие способности магистрантов связывать теоретические представления с экспериментальными данными.

2. МЕСТО В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Блок ОП:		Б1.О
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	Современные квантовые технологии в полупроводниковой электронике	
2.2.2	Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы	
2.2.3	Преддипломная практика для выполнения выпускной квалификационной работы	

3. РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫЕ С ФОРМИРУЕМЫМИ КОМПЕТЕНЦИЯМИ

ПК-2: Способен проводить экспериментальные и теоретические исследования физических процессов, в том числе, в рамках научно-исследовательских, опытно-технологических или опытно-конструкторских работ выполняемых в рамках тематик организаций.	
Знать:	
ПК-2-31	Фундаментальные знания профессиональной деятельности для решения конкретных задач физики конденсированного состояния
ПК-2-32	основные идеи, лежащие в основе экспериментальных приложений сверхпроводимости
ОПК-4: Способен определять сферу внедрения результатов научных исследований в области своей профессиональной деятельности, демонстрировать практические навыки для решения сложных задач, выполнения сложного проектирования, а также проведения комплексных исследований, знание экономических, организационных и управленческих вопросов, таких как: управление проектами, рисками и изменениями	
Знать:	
ОПК-4-31	фундаментальные свойства сверхпроводимости и физическую картину явлений, происходящих в металлах в нормальном и сверхпроводящем состояниях
ПК-2: Способен проводить экспериментальные и теоретические исследования физических процессов, в том числе, в рамках научно-исследовательских, опытно-технологических или опытно-конструкторских работ выполняемых в рамках тематик организаций.	
Уметь:	
ПК-2-У2	обосновывать правомерность допущений и приближений, используемых при решении задач
ПК-2-У1	Уметь читать учебную, справочную и специальную литературу по физике сверхпроводимости, понимать и правильно интерпретировать прочитанно
ОПК-4: Способен определять сферу внедрения результатов научных исследований в области своей профессиональной деятельности, демонстрировать практические навыки для решения сложных задач, выполнения сложного проектирования, а также проведения комплексных исследований, знание экономических, организационных и управленческих вопросов, таких как: управление проектами, рисками и изменениями	
Уметь:	
ОПК-4-У1	применять методы квантовой механики, электродинамики и статистической физики к описанию свойств сверхпроводящих схем
ПК-2: Способен проводить экспериментальные и теоретические исследования физических процессов, в том числе, в рамках научно-исследовательских, опытно-технологических или опытно-конструкторских работ выполняемых в рамках тематик организаций.	

Владеть:
ПК-2-В2 навыками качественного и количественного анализа явлений и процессов в экспериментах с сверхпроводниками и сверхпроводящими устройствами
ПК-2-В1 навыками самостоятельной работы с литературой для поиска информации о понятиях, терминах, задачах и проблемах, объяснения их решения в практических ситуациях
ОПК-4: Способен определять сферу внедрения результатов научных исследований в области своей профессиональной деятельности, демонстрировать практические навыки для решения сложных задач, выполнения сложного проектирования, а также проведения комплексных исследований, знание экономических, организационных и управленческих вопросов, таких как: управление проектами, рисками и изменениями
Владеть:
ОПК-4-В1 навыками качественного и количественного анализа фундаментальных свойств, явлений и процессов в сверхпроводниках и сверхпроводящих устройствах

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. Феноменологическая теория транспорта в сверхпроводящих схемах.							
1.1	Механизм проводимости сверхпроводников. Модель Лондонов. /Лек/	2	4	ПК-2-31 ПК-2-32 ОПК-4-31	Л1.1 Л1.2			
1.2	Самостоятельная работа по основам физики сверхпроводников /Ср/	2	4	ПК-2-31 ПК-2-32 ПК-2-У1 ПК-2-У2 ОПК-4-31 ОПК-4-У1	Л1.1 Л1.2Л2.3			
1.3	Решение задач по основам физики сверхпроводников. /Пр/	2	6	ПК-2-У1 ПК-2-У2 ПК-2-В1 ПК-2-В2 ОПК-4-У1 ОПК-4-В1	Л1.1 Л1.2Л2.3			
1.4	Подготовка к лабораторной работе 2 : Измерение температуры фазового перехода нормальный металл - сверхпроводник /Пр/	2	4	ПК-2-В1 ПК-2-В2 ОПК-4-31 ОПК-4-У1 ОПК-4-В1	Л1.1 Л1.2Л2.3 Л2.5			
	Раздел 2. Распространение СВЧ сигналов в сверхпроводящих схемах							
2.1	Прохождение высокочастотных сигналов через сверхпроводящие схемы. Сверхпроводящие линии передачи и резонаторы. /Лек/	2	4	ПК-2-31 ПК-2-32 ОПК-4-31 ОПК-4-У1	Л1.1 Л1.2Л2.3 Э1 Э2 Э3			
2.2	Самостоятельная работа по изучению физических основ работы сверхпроводящих линий передачи и СВЧ резонаторов /Ср/	2	4	ПК-2-У1 ПК-2-У2 ПК-2-В1 ОПК-4-У1	Л1.1 Л1.2Л2.3			
2.3	Решение задач по распространению высокочастотных сигналов в сверхпроводнике. /Пр/	2	8	ПК-2-32 ПК-2-У1 ПК-2-У2 ОПК-4-31	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.3			
2.4	Подготовка к лабораторной работе 4 : Сверхпроводящие линии передачи и резонаторы. /Пр/	2	4	ПК-2-У2 ПК-2-В1 ПК-2-В2 ОПК-4-У1 ОПК-4-В1	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.3			

	Раздел 3. Квантование магнитного потока. Сверхпроводящие схемы как пример макроскопических квантовых систем.							
3.1	Квантование магнитного потока в сверхпроводнике. /Лек/	2	2	ПК-2-31 ПК-2-32 ПК-2-У1 ПК-2-У2 ОПК-4-31 ОПК-4-У1	Л1.1 Л1.2Л2.3 Л2.4			
3.2	Самостоятельная работа по изучению физических основ квантования магнитного потока в сверхпроводящих схемах /Ср/	2	4	ПК-2-31 ПК-2-32 ПК-2-У1 ПК-2-У2 ОПК-4-31 ОПК-4-У1	Л1.1 Л1.2Л2.3 Л2.4			
3.3	Решение задач по квантованию магнитного потока в сверхпроводящих схемах /Пр/	2	6	ПК-2-У1 ПК-2-У2 ПК-2-В1 ПК-2-В2 ОПК-4-У1 ОПК-4-В1	Л1.1 Л1.2Л2.3 Л2.4			
	Раздел 4. Контакт Джозефсона и квантовые сверхпроводящие интерферометры.							
4.1	Контакт Джозефсона и сверхпроводящие квантовые интерферометры. /Лек/	2	4	ПК-2-31 ПК-2-32 ПК-2-У1 ОПК-4-31 ОПК-4-У1	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.3			
4.2	Самостоятельная работа по изучению физических основ применений контакта Джозефсона /Ср/	2	4	ПК-2-31 ПК-2-32 ПК-2-У1 ПК-2-У2 ПК-2-В1 ОПК-4-31	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.3			
4.3	Решение задач по физическим основам работы контакта Джозефсона /Пр/	2	6	ПК-2-32 ПК-2-У1 ОПК-4-У1 ОПК-4-В1	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.3			
	Раздел 5. Экспериментальные приложения физики сверхпроводимости для создания квантовых сенсоров и устройств квантовой метрологии							
5.1	Приложения физики сверхпроводников при создании устройств квантовой метрологии. /Лек/	2	3	ПК-2-31 ПК-2-32 ОПК-4-31	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.3 Л2.4 Л2.5 Э1 Э2 Э3			
	Раздел 6. Лабораторные работы							
6.1	Лабораторная работа 1. Ознакомление с оборудованием лаборатории сверхпроводящих метаматериалов и сверхпроводящими микросхемами. Измерение параметров сверхпроводящей микросхемы. /Лаб/	2	3	ПК-2-31 ПК-2-32 ПК-2-У1 ПК-2-У2 ПК-2-В1 ПК-2-В2 ОПК-4-31 ОПК-4-У1 ОПК-4-В1	Л1.1 Л1.2Л2.3 Л2.5	Методические указания по лабораторным работам находятся на кафедре, копия файла в приложении.		P2

6.2	Лабораторная работа 2. Измерение температуры фазового перехода нормальный металл - сверхпроводник. /Лаб/	2	3	ПК-2-В2 ОПК-4-У1 ОПК-4-В1	Л1.1 Л1.2Л2.3 Л2.4 Л2.5	Методические указания по лабораторным работам находятся на кафедре, копия файла в приложении.		Р2
6.3	Обработка данных и анализ результатов измерения температурной зависимости сопротивления при переходе нормального металла в сверхпроводящее состояние. /Ср/	2	4	ПК-2-У2 ПК-2-В1 ПК-2-В2 ОПК-4-У1 ОПК-4-В1	Л1.1 Л1.2Л2.3 Л2.4 Л2.5	Методические указания по лабораторным работам находятся на кафедре, копия файла в приложении.		
6.4	Лабораторная работа 3. Измерение плотности критического тока тонкой плёнки сверхпроводника. /Лаб/	2	3	ПК-2-31 ПК-2-32 ПК-2-У1 ПК-2-У2 ОПК-4-У1 ОПК-4-В1	Л1.1 Л1.2Л2.3 Л2.4	Методические указания по лабораторным работам находятся на кафедре, копия файла в приложении.		Р2
6.5	Обработка данных и анализ результатов измерения температурной зависимости плотности критического тока в тонкой плёнке сверхпроводника. /Ср/	2	4	ПК-2-31 ПК-2-32 ПК-2-У1 ПК-2-У2 ПК-2-В1 ПК-2-В2 ОПК-4-31 ОПК-4-У1 ОПК-4-В1	Л1.1 Л1.2Л2.3 Л2.4	Методические указания по лабораторным работам находятся на кафедре, копия файла в приложении.		
6.6	Лабораторная работа 4. Сверхпроводящие линии передачи и резонаторы. /Лаб/	2	4	ПК-2-У1 ПК-2-У2 ПК-2-В1 ПК-2-В2	Л1.1 Л1.2Л2.3 Л2.4	Методические указания по лабораторным работам находятся на кафедре, копия файла в приложении.		Р2
6.7	Лабораторная работа 5. Измерение вольт-амперной характеристики контакта Джозефсона. /Лаб/	2	4	ПК-2-У1 ПК-2-У2 ПК-2-В1 ПК-2-В2	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.3	Методические указания по лабораторным работам находятся на кафедре, копия файла в приложении.		Р2

6.8	Обработка данных и анализ результатов измерения вольт-амперной характеристики контакта Джозефсона. /Ср/	2	4	ПК-2-31 ПК-2-32 ПК-2-У1 ПК-2-У2 ОПК-4-31 ОПК-4-У1	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.3	Методические указания по лабораторным работам находятся на кафедре, копия файла в приложении.		
Раздел 7. Курсовая работа								
7.1	Подготовка курсовой работы по основам физики сверхпроводников и их приложениям для создания устройств квантовой метрологии. /Ср/	2	21	ПК-2-31 ПК-2-32 ПК-2-У1 ПК-2-У2 ОПК-4-31 ОПК-4-У1	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5Л3.1 Э1 Э3 Э4			P1

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	экзамен	ОПК-4-31;ПК-2-31;ПК-2-32	<p>1. Открытие сверхпроводимости. Модель проводника Друде и теория Лондонов. Глубина проникновения магнитного поля. Первое и второе уравнение Лондонов, двухжидкостная модель, поверхностный импеданс, потери в сверхпроводнике высокочастотных сигналов.</p> <p>2. Поверхностный импеданс сверхпроводника. Передающие линии для высокочастотных сигналов. Представление передающей линии в виде эквивалентной схемы. Передающая линия из нормального металла и передающая линия из сверхпроводника. Сверхпроводящие резонаторы.</p> <p>3 Уравнение Шредингера для сверхпроводящих токов. Волновая функция в сверхпроводнике. Квантование магнитного потока. Замораживание магнитного потока в сверхпроводящей трубке. Экспериментальная проверка квантования магнитного потока.</p> <p>4. Сверхпроводники I и II рода. Сверхпроводящий вихрь, поля и токи вихря. Длина когерентности. Термодинамика и построение фазовых диаграмм перехода сверхпроводник-нормальный металл. Критическое поле сверхпроводника I рода. Критическое поле 1 и 2 для сверхпроводника II рода.</p> <p>5. Контакт Джозефсона. Туннелирование сверхпроводящего тока и нормальных электронов. Энергетический спектр контакта сверхпроводник-изолятор-сверхпроводник. Вольт-амперная характеристика контакта Джозефсона. Уравнения Джозефсона для постоянного и переменного тока.</p> <p>6. Стандарт постоянного напряжения на контакте Джозефсона.</p> <p>7. СКВИД, Контакт Джозефсона в магнитном поле: контакт малых размеров и длинный контакт Джозефсона. Флюксон и длина Джозефсона. Магнетометр на СКВИДе.</p> <p>8. RCSJ Модель динамики токов в контакте Джозефсона. Контакт Джозефсона – аналогия с маятником</p> <p>9. Сверхпроводящие ключи для вычислений. Сверхпроводящие устройства Быстрой Одно-Квантовой Логике (RSFQ).</p> <p>10. Основы технологии сверхпроводящих микросхем.</p> <p>11. Приложения сверхпроводимости в метрологии.</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	Курсовая работа	ОПК-4-31;ПК-2-31;ПК-2-32;ПК-2-У1;ПК-2-У2;ОПК-4-У1;ОПК-4-В1;ПК-2-В1;ПК-2-В2	Примеры темы курсовой работы: 1. Критический ток тонкой плёнки сверхпроводника 2. Температурная зависимость добротности сверхпроводящего резонатора. 3. Эффект близости в плёнке сверхпроводник-нормальный металл.
P2	Защита лабораторных работ	ПК-2-В2;ПК-2-У2;ПК-2-В1;ПК-2-32;ПК-2-31;ПК-2-У1;ОПК-4-31;ОПК-4-У1;ОПК-4-В1	Примеры контрольных вопросов для защиты : Лабораторная работа 1 - Опишите метод охлаждения сверхпроводящих схем в лабораторных экспериментах. - Оцените случайные ошибки измерений Лабораторная работа 2 - Как измеряется сопротивление образца в криостате ? - Как зависит сопротивления образца от температуры до перехода в сверхпроводящее состояние. Объясните наблюдаемую зависимость. - Во сколько раз изменилось сопротивление образца при переходе в сверхпроводящее состояние. Объясните наблюдаемую величину. Лабораторная работа 3 - Зависит ли величина критического тока от толщины сверхпроводящей плёнки. - Объясните механизм разрушения сверхпроводимости при превышении критического тока в сверхпроводящей плёнке. Лабораторная работа 4 - Во сколько раз изменилась мощность сигнала после прохождения через аттенуатор с поглощением 6 деци-Белл (дБ) ? - Объясните строение СВЧ резонатора, сделанного на основе отрезка сверхпроводящей передающей линии. Лабораторная работа 5 () - Как определить нормальное сопротивление контакта Джозефсона по измеренной вольт-амперной характеристике? - Как соотносится максимально возможный критический ток в контакте Джозефсона с минимальным током на нормальной ветви его вольт-амперной характеристики? - Как соотносится измеренный критический ток с расчётным. Объясните расхождение.

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

- пример билета для экзамена -

1. Открытие сверхпроводимости. Модель проводника Друде и теория Лондонов. Глубина проникновения магнитного поля. Первое и второе уравнение Лондонов, двухжидкостная модель.

2. Поверхностный импеданс, потери в сверхпроводнике высокочастотных сигналов.

Пример задачи:

Сверхпроводник с потерями и движение магнитного потока.

Рассмотрим сверхпроводящий элемент, из которого «вытекает магнитный поток» аналогично плохому конденсатору, который теряет свой заряд со временем. Это можно представить как последовательное соединение резистора $R=1$ кОм и сверхпроводящего индуктора $L=1$ мГн.

- Если через этот элемент протекает ток $I=100$ А, оцените среднюю скорость квантов магнитного потока, вытекающих через этот элемент за одну секунду.

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

Оценивание ответов на теоретические вопросы

Оценка	Критерии оценивания
5 «Отлично»	Обучающийся глубоко и содержательно раскрывает ответ на каждый теоретический вопрос, не допустив ошибок. Ответ носит развернутый и исчерпывающий характер
4 «Хорошо»	Обучающийся в целом раскрывает теоретические вопросы, однако ответ хотя бы на один из них не носит развернутого и исчерпывающего характера
3 «Удовлетворительно»	Обучающийся в целом раскрывает теоретические вопросы и допускает ряд неточностей
2 «Неудовлетворительно»	Обучающийся фрагментарно раскрывает содержание теоретических вопросов, допускает значительные неточности
2 «Неудовлетворительно»	Обучающийся не знает ответов на поставленные теоретические вопросы

Оценивание решения задач

Оценка	Критерии оценивания
5 «Отлично»	Обучающийся выполняет полное и аргументированное решение задачи
4 «Хорошо»	Обучающийся выполняет полное решение задачи, но не может аргументировать свое решение
3 «Удовлетворительно»	Обучающийся в целом правильно решает задачу, но не может аргументировать свое решение
2 «Неудовлетворительно»	Обучающийся правильно понимает способ решения задачи, но допускает ошибки при решении задачи
2 «Неудовлетворительно»	Обучающийся не может решить задачу

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

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л1.1	Тинкхам М., Лихарев К. К.	Введение в сверхпроводимость	Электронная библиотека	Москва: Атомиздат, 1989
Л1.2	Абрикосов А. А.	Основы теории металлов: Для физ. спец. вузов	Библиотека МИСиС	М.: Наука, 1987

6.1.2. Дополнительная литература

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л2.1	Паринов И. А.	Сверхпроводники и сверхпроводимость: словарь-справочник: словарь	Электронная библиотека	Ростов-на-Дону: Южный федеральный университет, 2008
Л2.2	Ильичев Е. В., Гринберг Я. С.	Квантовая информатика и квантовые биты на основе сверхпроводниковых джозефсоновских структур: учебник	Электронная библиотека	Новосибирск: Новосибирский государственный технический университет, 2013
Л2.3	Жен П. д., Горьков Л. П.	Сверхпроводимость металлов и сплавов	Электронная библиотека	Москва: Мир, 1968
Л2.4	Варламов А. А., Ларкин А. И.	Теория флуктуаций в сверхпроводниках: монография	Библиотека МИСиС	М.: Добросвет, 2007
Л2.5	Антонова Е. А., Абрикосов А. А.	Материаловедение, механические свойства и технология сверхпроводников. Разд.: Теоретическое материаловедение сверхпроводников: Курс лекций (для студ. спец. 0406)	Библиотека МИСиС	М.: Учеба, 1983

6.1.3. Методические разработки

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
--	---------------------	----------	------------	-------------------

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
ЛЗ.1	Быкова М. Б., Гореева Ж. А., Козлова Н. С., Подгорный Д. А.	Выполнение и оформление выпускных квалификационных работ, научно-исследовательских работ, курсовых работ магистров и отчетов по практикам: метод. указания	Библиотека МИСиС	М.: [МИСиС], 2017

6.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

Э1	Полнотекстовые российские научные журналы и статьи: — Научная электронная библиотека eLIBRARY https://elibrary.ru/	https://elibrary.ru/
Э2	Иностранные базы данных (доступ с IP адресов МИСиС): — аналитическая база (индексы цитирования) Web of Science https://apps.webofknowledge.com	https://apps.webofknowledge.com
Э3	аналитическая база (индексы цитирования) Scopus https://www.scopus.com/	https://www.scopus.com/
Э4	научные журналы издательства Elsevier https://www.sciencedirect.com/	https://www.sciencedirect.com/

6.3 Перечень программного обеспечения

П.1	LMS Canvas
П.2	Adobe Connect
П.3	MATLAB
П.4	Python

6.4. Перечень информационных справочных систем и профессиональных баз данных

И.1	Полнотекстовые российские научные журналы и статьи:
И.2	— Научная электронная библиотека eLIBRARY https://elibrary.ru/
И.3	Иностранные базы данных (доступ с IP адресов МИСиС):
И.4	— аналитическая база (индексы цитирования) Web of Science https://apps.webofknowledge.com
И.5	— аналитическая база (индексы цитирования) Scopus https://www.scopus.com/
И.6	— наукометрическая система InCites https://apps.webofknowledge.com
И.7	— научные журналы издательства Elsevier https://www.sciencedirect.com/

7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

Ауд.	Назначение	Оснащение
Б-737	Аудитория для самостоятельной работы	стационарные компьютеры 2 шт., пакет лицензионных программ MS Office, набор демонстрационного оборудования в том числе: доска учебная, мультимедийный проектор, экран проекционный, комплект учебной мебели
Б-737	Аудитория для самостоятельной работы	стационарные компьютеры 2 шт., пакет лицензионных программ MS Office, набор демонстрационного оборудования в том числе: доска учебная, мультимедийный проектор, экран проекционный, комплект учебной мебели
Читальный зал №3 (Б)		комплект учебной мебели на 44 места для обучающихся, МФУ Xerox VersaLink B7025 с функцией масштабирования текстов и изображений, 8 ПК с 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

Учебно-методическое обеспечение дисциплины включает:
рабочую программу дисциплины;
методические и оценочные материалы.

- Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы включает:

учебники, учебные пособия;

Самостоятельная работа обучающихся является формой организации образовательного процесса по дисциплине, стимулирующей активность, самостоятельность и познавательный интерес студентов.

Самостоятельная работа обучающихся предусматривает углубленное изучение разделов и тем дисциплины, основных и дополнительных источников учебной и научной литературы, подготовку докладов, рефератов, эссе, выполнение курсовых работ. Материалы докладов, курсовых работ в дальнейшем могут быть использованы при выполнении студенческих научных исследований и стать основой для подготовки выступлений на студенческих научно-практических конференциях, участия в конкурсах.

Самостоятельная работа направлена на поиск учебной и научной информации, развитие аналитических способностей, навыков контроля и планирования учебного времени, на выработку умений и навыков рациональной организации своей деятельности.

Самостоятельная работа включает следующие виды деятельности:

- работа с лекционным материалом, предусматривающая проработку лекционных материалов (конспекты, презентации) и учебной литературы;
- поиск (подбор) и обзор научной и учебной литературы с использованием библиотечных и электронных образовательных ресурсов, источников информации в сети «Интернет» по изучаемой теме дисциплины;
- освоение материала, предусмотренного для самостоятельного изучения;
- подготовка к практическим, семинарским и лабораторным занятиям;
- выполнение курсовой работы;
- подготовка к экзамену.

- Перечень основной и дополнительной учебной литературы находится в разделе ФОС

- Методические указания по лабораторным работам находятся на кафедре, копия файла в приложении.