

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:

ФИО: Исаев Игорь Магомедович

Должность: Проректор по безопасности и общим вопросам

Дата подписания: 27.04.2023 16:31:16

Уникальный программный ключ:

d7a26b9e8ca85e98ac3de2ab454b4659d961f749

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования

«Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС»

## Рабочая программа дисциплины (модуля)

### Физика низкоразмерных систем

Закреплена за подразделением

Кафедра теоретической физики и квантовых технологий

Направление подготовки

03.03.02 ФИЗИКА

Профиль

Квалификация **Бакалавр**

Форма обучения **очная**

Общая трудоемкость **3 ЗЕТ**

Часов по учебному плану 108

Формы контроля в семестрах:

в том числе:

зачет с оценкой 8

аудиторные занятия 36

самостоятельная работа 72

#### Распределение часов дисциплины по семестрам

Семестр (<Курс>.<Семестр на курсе>)	8 (4.2)		Итого	
	12			
Неделя	УП	РП	УП	РП
Лекции	12	22	12	22
Лабораторные	24		24	
Итого ауд.	36	36	36	36
Контактная работа	36	36	36	36
Сам. работа	72	72	72	72
Итого	108	108	108	108

Программу составил(и):

Рабочая программа

**Физика низкоразмерных систем**

Разработана в соответствии с ОС ВО:

Самостоятельно устанавливаемый образовательный стандарт высшего образования - бакалавриат Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС» по направлению подготовки 03.03.02 ФИЗИКА (приказ от 02.04.2021 г. № 119 о.в.)

Составлена на основании учебного плана:

03.03.02 ФИЗИКА, 03.03.02-БФ3-22.plx , утвержденного Ученым советом ФГАОУ ВО НИТУ "МИСиС" в составе соответствующей ОПОП ВО 22.09.2022, протокол № 8-22

Утверждена в составе ОПОП ВО:

03.03.02 ФИЗИКА, , утвержденной Ученым советом ФГАОУ ВО НИТУ "МИСиС" 22.09.2022, протокол № 8-22

Рабочая программа одобрена на заседании

**Кафедра теоретической физики и квантовых технологий**

Протокол от 02.06.2020 г., №10/20

Руководитель подразделения д.ф.-м.н. профессор Мухин С.И.

**1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ**

1.1	формирование компетенций, предусмотренных учебным планом, а также подготовить к научно-исследовательской деятельности в области применения структур пониженной размерности для наноэлектроники и оптоэлектроники, ознакомить студентов с существующим фронтом исследования в физике низко-размерных систем для способности критически оценить будущие тенденции
-----	---

**2. МЕСТО В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ**

Блок ОП:		Б1.В.ДВ.15
<b>2.1</b>	<b>Требования к предварительной подготовке обучающегося:</b>	
2.1.1	Методы физико-химических исследований	
2.1.2	Оформление результатов научной деятельности	
2.1.3	Статистическая физика	
2.1.4	Строение некристаллических систем	
2.1.5	Теория химической связи	
2.1.6	Термодинамика металлических растворов	
2.1.7	Физика конденсированного состояния	
2.1.8	Физические свойства твердых тел	
2.1.9	Квантовая механика	
2.1.10	Методы исследования материалов	
2.1.11	Фазовые равновесия и структурообразование	
2.1.12	Физика поверхности	
2.1.13	Диффузия и диффузионно-контролируемые процессы	
2.1.14	Методы контроля и анализа веществ	
2.1.15	Теория поверхностных явлений	
2.1.16	Техника физико-химического эксперимента	
2.1.17	Электродинамика	
2.1.18	Кристаллография	
2.1.19	Математическая статистика и анализ данных	
2.1.20	Методы математической физики	
2.1.21	Теоретическая механика и основы теории упругости.	
2.1.22	Физика	
2.1.23	Электротехника	
2.1.24	Математика	
2.1.25	Органическая химия	
2.1.26	Информатика	
2.1.27	Химия	
2.1.28	Инженерная и компьютерная графика	
2.1.29	Введение в физику полупроводников	
2.1.30	Введение в физику твердого тела	
2.1.31	Квантовая механика. Спецглавы.	
2.1.32	Компьютерные методы в физике	
2.1.33	Нелинейная физика	
2.1.34	Специальный физический практикум	
2.1.35	Высшая математика. Спецглавы.	
2.1.36	Линейная алгебра	
2.1.37	Теория функций комплексных переменных	
<b>2.2</b>	<b>Дисциплины (модули) и практики, для которых освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как предшествующее:</b>	

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

**ОПК-1:** Способен применять базовые знания в области физико-математических и (или) естественных наук в сфере своей профессиональной деятельности, осуществлять моделирование и анализ для проведения детальных исследований и поиска решения технических вопросов в соответствующей области исследования

<b>Знать:</b>
ОПК-1-31 основные типы низкоразмерных структур, такие как: низкоразмерные полупроводниковые гетероструктуры, квантовые точки, квантовые ямы, квантовые проволоки(нити), сверхрешетки
<b>Уметь:</b>
ОПК-1-У1 самостоятельно использовать знания о принципах, методах и методиках исследований электронных явлений в системах пониженной размерности
<b>ПК-2: Способен осуществлять выполнение экспериментов и оформление результатов исследований и разработок в области физики</b>
<b>Владеть:</b>
ПК-2-В1 математическим аппаратом и численными методами для моделирования свойств квантовых ям, квантовых точек, квантовых нитей
<b>ОПК-1: Способен применять базовые знания в области физико-математических и (или) естественных наук в сфере своей профессиональной деятельности, осуществлять моделирование и анализ для проведения детальных исследований и поиска решения технических вопросов в соответствующей области исследования</b>
<b>Владеть:</b>
ОПК-1-В1 опытом построения математических моделей систем пониженной размерности и физической интерпретации численных результатов

#### 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. Раздел 1 Размерное квантование</b>							
1.1	Условия наблюдения размерного квантования Структуры с низкоразмерным электронным газом Сверхрешетки Способы получения низкоразмерных систем Молекулярно-лучевая эпитаксия Субмикронная литография Самоорганизация квантовых точек и квантовых проводов. Носители заряда в низкоразмерных системах Плотность состояний в низкоразмерных электронных системах Статистика носителей заряда в низкоразмерных системах Эволюция от дискретного до непрерывных спектров в направлении квантования для низкоразмерных систем для различных размерностей Квази-низкоразмерные системы Водородоподобный атом, экситоны в 1,2,3 - размерных системах /Лек/	8	4	ОПК-1-31 ОПК-1-В1 ОПК-1-У1 ПК -2-В1	Л1.1 Л1.2 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5 Э6			

1.2	<p>Условия наблюдения размерного квантования</p> <p>Структуры с низкоразмерным электронным газом</p> <p>Сверхрешетки</p> <p>Способы получения низкоразмерных систем</p> <p>Молекулярно-лучевая эпитаксия</p> <p>Субмикронная литография</p> <p>Самоорганизация квантовых точек и квантовых проводов.</p> <p>Носители заряда в низкоразмерных системах</p> <p>Плотность состояний в низкоразмерных электронных системах</p> <p>Статистика носителей заряда в низкоразмерных системах</p> <p>Эволюция от дискретного до непрерывных спектров в направлении квантования для низкоразмерных систем для различных размерностей</p> <p>Квази-низкоразмерные системы</p> <p>Водородоподобный атом, экситоны в 1,2,3 - размерных системах</p> <p>/Лек/</p>	8	4	ПК-2-В1 ОПК-1-В1 ОПК-1-У1 ОПК-1-31	Л1.1 Л1.2			
-----	--	---	---	------------------------------------	-----------	--	--	--

1.3	Условия наблюдения размерного квантования Структуры с низкоразмерным электронным газом Сверхрешетки Способы получения низкоразмерных систем Молекулярно-лучевая эпитаксия Субмикронная литография Самоорганизация квантовых точек и квантовых проводов. Носители заряда в низкоразмерных системах Плотность состояний в низкоразмерных электронных системах Статистика носителей заряда в низкоразмерных системах Эволюция от дискретного до непрерывных спектров в направлении квантования для низкоразмерных систем для различных размерностей Квази-низкоразмерные системы Водородоподобный атом, экситоны в 1,2,3 - размерных системах /Ср/	8	12	ПК-2-В1 ОПК-1-В1 ОПК-1-У1 ОПК-1-31	Л1.1 Л1.2			
	<b>Раздел 2. Раздел 2 Квантовые ямы</b>							
2.1	Оптические свойства квантовых ям Кинетические эффекты в 2-мерных системах /Лек/	8	2	ПК-2-В1 ОПК-1-В1 ОПК-1-У1 ОПК-1-31	Л1.1 Л1.2 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5 Э6			
2.2	Оптические свойства квантовых ям Кинетические эффекты в 2-мерных системах /Пр/	8	2	ПК-2-В1 ОПК-1-В1 ОПК-1-У1 ОПК-1-31	Л1.1 Л1.2			
2.3	Оптические свойства квантовых ям Кинетические эффекты в 2-мерных системах /Ср/	8	12	ПК-2-В1 ОПК-1-В1 ОПК-1-У1 ОПК-1-31	Л1.1 Л1.2			
	<b>Раздел 3. Раздел 3 Квантовые провода (нити)</b>							
3.1	Баллистический транспорт Баллистическая проводимость квантовых проводов Квантовый эффект Холла и проводимость квантовых проводов /Лек/	8	2	ПК-2-В1 ОПК-1-В1 ОПК-1-У1 ОПК-1-31	Л1.1 Л1.2 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5 Э6			

3.2	Баллистический транспорт Баллистическая проводимость квантовых проводов Квантовый эффект Холла и проводимость квантовых проводов /Пр/	8	2	ПК-2-В1 ОПК-1-В1 ОПК-1-У1 ОПК-1-31	Л1.1 Л1.2			
3.3	Баллистический транспорт Баллистическая проводимость квантовых проводов Квантовый эффект Холла и проводимость квантовых проводов /Ср/	8	12	ПК-2-В1 ОПК-1-В1 ОПК-1-У1 ОПК-1-31	Л1.1 Л1.2			
	<b>Раздел 4. Раздел 4 Квантовые точки</b>							
4.1	Энергетические спектры и волновые функции. Системы двойных квантовых ям и квантовых точек Горизонтальные и вертикальные молекулы квантовых точек Массивы квантовых точек Туннельные эффекты Периодические и аperiodические массивы квантовых точек /Лек/	8	4	ПК-2-В1 ОПК-1-В1 ОПК-1-У1 ОПК-1-31	Л1.1 Л1.2 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5 Э6			
4.2	Энергетические спектры и волновые функции. Системы двойных квантовых ям и квантовых точек Горизонтальные и вертикальные молекулы квантовых точек Массивы квантовых точек Туннельные эффекты Периодические и аperiodические массивы квантовых точек /Пр/	8	4	ПК-2-В1 ОПК-1-В1 ОПК-1-У1 ОПК-1-31	Л1.1 Л1.2			
4.3	Энергетические спектры и волновые функции. Системы двойных квантовых ям и квантовых точек Горизонтальные и вертикальные молекулы квантовых точек Массивы квантовых точек Туннельные эффекты Периодические и аperiodические массивы квантовых точек /Ср/	8	6	ПК-2-В1 ОПК-1-В1 ОПК-1-У1 ОПК-1-31	Л1.1 Л1.2			
	<b>Раздел 5. Раздел 5 Отдельные и двойные квантовые ямы и квантовые точки в микрорезонаторе</b>							

5.1	Формирование экситонных поляритонов Переход Костерлица-Таулеса Сверхтекучесть и бозе-конденсация экситонных поляритонов. Влияние внешних полей /Лек/	8	2	ПК-2-В1 ОПК-1-В1 ОПК-1-У1 ОПК-1-31	Л1.1 Л1.2 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5 Э6			
5.2	Формирование экситонных поляритонов Переход Костерлица-Таулеса Сверхтекучесть и бозе-конденсация экситонных поляритонов. Влияние внешних полей /Пр/	8	2	ПК-2-В1 ОПК-1-В1 ОПК-1-У1 ОПК-1-31	Л1.1 Л1.2			
5.3	Формирование экситонных поляритонов Переход Костерлица-Таулеса Сверхтекучесть и бозе-конденсация экситонных поляритонов. Влияние внешних полей /Ср/	8	12	ПК-2-В1 ОПК-1-В1 ОПК-1-У1 ОПК-1-31	Л1.1 Л1.2			
	<b>Раздел 6. Раздел 6 Применение квантоворазмерных систем</b>							
6.1	Лазеры на квантовых ямах и квантовых точках Оптические модуляторы Фотодатчики на квантовых ямах Транзисторы высокой подвижности Устройства баллистического транспорта Одноэлектронные транзисторы с одним электроном. Квантовые нейронные сети на квантовых точках /Лек/	8	4	ПК-2-В1 ОПК-1-В1 ОПК-1-У1 ОПК-1-31	Л1.1 Л1.2 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5 Э6			
6.2	Лазеры на квантовых ямах и квантовых точках Оптические модуляторы Фотодатчики на квантовых ямах Транзисторы высокой подвижности Устройства баллистического транспорта Одноэлектронные транзисторы с одним электроном. Квантовые нейронные сети на квантовых точках /Пр/	8	4	ПК-2-В1 ОПК-1-В1 ОПК-1-У1 ОПК-1-31	Л1.1 Л1.2			



6.3	Лазеры на квантовых ямах и квантовых точках Оптические модуляторы Фотодатчики на квантовых ямах Транзисторы высокой подвижности Устройства баллистического транспорта Одноэлектронные транзисторы с одним электроном. Квантовые нейронные сети на квантовых точках /Ср/	8	6	ПК-2-В1 ОПК-1-В1 ОПК-1-У1 ОПК-1-31	Л1.1 Л1.2			
	<b>Раздел 7. Домашняя работа</b>							
7.1	Домашняя работа /Ср/	8	12	ПК-2-В1 ОПК-1-В1 ОПК-1-У1 ОПК-1-31	Л1.1 Л1.2 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5 Э6			

## 5. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ

### 5.1. Вопросы для самостоятельной подготовки к экзамену (зачёту с оценкой)

Вопросы для самостоятельной подготовки к экзамену (УК-9.2-31, ПК-1.1-31, ОПК-5.1-31):

1. Dimensional quantization
2. Manufacturing technology for low-dimensional semiconductor systems
3. Transformation from discrete to continuous spectra in quantization direction for different dimensions.
4. Inter-zone light absorption
5. Optical ionization of quantum wells
6. Pulse relaxation for different types of scattering in 2D
7. Weak localization
8. Electron-electron interaction
9. Role of fluctuations in quantum Hall effect.
10. Shielding in magnetic field
11. Ballistic transport
12. Ballistic conductivity
13. Coulomb blockade
14. Tunnel effect
15. Application of low-dimensional systems in micro- and nano-electronics
1. Пространственное квантование
2. Технология получения низкоразмерных полупроводниковых систем
3. Переход от дискретного к непрерывному спектру в направлении квантования для систем различной размерности
4. Межуровневые переходы.
5. Оптическая ионизация квантовых ям.
6. Время релаксации импульса для различных механизмов рассеяния в 2D случае
7. Слабая локализация.
8. Электрон - электронное взаимодействие
9. Роль крупномасштабных флуктуаций потенциала в квантовом эффекте Холла
10. Экранирование в магнитном поле
11. Баллистический транспорт.
12. Баллистическая проводимость нитей.
13. Кулоновская блокада.
14. Туннельные эффекты.
15. Применение низкоразмерных систем в микро - и наноэлектронике

### 5.2. Перечень работ, выполняемых по дисциплине (модулю, практике, НИР) - эссе, рефераты, практические и расчетно-графические работы, курсовые работы, проекты и др.

По курсу предусмотрен экзамен . В курсе предусмотрено домашнее задания в форме мультимедийного доклада.

Типичные темы домашней работы (УК-9.2-У1, ПК-1.1-У1, ОПК-5.1-У1, УК-9.2-В1, ПК-1.1-В1, ОПК-5.1-В1):

- 1 Способы получения квантовых точек.
2. Межзонное поглощение света в квантовых нитях
3. Оптическая ионизация квантовых ям
4. Электронно-электронное взаимодействие в квантовых точках
5. Оптические устройства на низкоразмерных системах

1. Production of quantum dots
2. Inter-zone light absorption in quantum wires
3. Electron-electron interaction in quantum dots
- 4 Effects of deformations to the energy spectra
- 5 Optical devices on low-dimensional systems

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

1. The electron mobility in thin film is  $10000 \text{ cm}^2/(\text{V s})$ . Determine the maximal thickness of thin film below which the quantum-dimensional effects can be observed.
2. The effective mass of charge carriers is  $m = 0.1 m_0$ . Determine the maximal thickness of thin film below which the quantum-dimensional effects can be observed at room temperature.
3. The rectangular potential well has height  $U$  and width  $L$ . Derive the equation for the bounded states energy . Determine the number of bound states. Determine the condition providing the energy difference between the lowest level and the top of the well is  $E_0$ .

4. Solve the previous problem for different effective mass of carriers in barrier and well,  $m_B$  and  $m_W$

5. Determine the energy level of a system of two coupled quantum wells separated by a delta-barrier

1. Получить оценку предельной толщины пленки, при которой возможно наблюдение квантово-размерных явлений, если подвижность электронов в пленке  $10000 \text{ см}^2/(\text{В с})$ .
2. Какова предельная толщина пленки, при которой возможно наблюдение квантово-размерных явлений при комнатной температуре, если эффективная масса носителей  $m = 0.1 m_0$ ?
3. Для прямоугольной квантовой ямы шириной  $L$  и глубиной  $U$  получить уравнение для определения значений энергии связанных состояний. Определить число связанных состояний в яме. Найти условие, при котором расстояние по шкале энергий от вершины барьера до нижнего уровня в яме равно заданной величине  $E_0$ .
4. Решить предыдущую задачу в случае разных эффективных масс электронов в барьере и яме —  $m_B$  и  $m_W$ .
5. Рассмотреть энергетический спектр частицы в системе, состоящей из двух квантовых ям, разделенных дельта-образным барьером

Пример экзаменационного билета в Приложении.

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

По дисциплине предполагается следующая шкала оценок:

- а) «отлично» – студент показывает глубокие, исчерпывающие знания в объеме пройденной программы, уверенно действует по применению полученных знаний на практике, грамотно и логически стройно излагает материал при ответе, умеет формулировать выводы из изложенного теоретического материала, знает дополнительно рекомендованную литературу;
- б) «хорошо» – студент показывает твердые и достаточно полные знания в объеме пройденной программы, допускает незначительные ошибки при освещении заданных вопросов, правильно действует по применению знаний на практике, четко излагает материал;
- в) «удовлетворительно» – студент показывает знания в объеме пройденной программы, ответы излагает хотя и с ошибками, но уверенно исправляемыми после дополнительных и наводящих вопросов, правильно действует по применению знаний на практике;
- г) «неудовлетворительно» – студент допускает грубые ошибки в ответе, не понимает сущности излагаемого вопроса, не умеет применять знания на практике, дает не полные ответы на дополнительные и наводящие вопросы

## 6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

### 6.1. Рекомендуемая литература

#### 6.1.1. Основная литература

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л1.1	Киттель Ч.	Введение в физику твердого тела	Электронная библиотека	Москва: Наука, 1978
Л1.2	Абрикосов А. А.	Основы теории металлов: Для физ. спец. вузов	Библиотека МИСиС	М.: Наука, 1987

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

Э1	Шик А.Я., Бакуева Л.Г., Мусихин С.Ф. Рыков С.А. Физика низкоразмерных систем. СПб: Наука, 2001. – 155 с. Url: <a href="https://www.studmed.ru/shik-aya-bakueva-lg-musihin-sf-rykov-safizika-nizkorazmernih-sistem_f4d91c4a68d.html">https://www.studmed.ru/shik-aya-bakueva-lg-musihin-sf-rykov-safizika-nizkorazmernih-sistem_f4d91c4a68d.html</a> . В открытом доступе.	<a href="https://www.studmed.ru/shik-aya-bakueva-lg-musihin-sf-rykov-safizika-nizkorazmernih-sistem_f4d91c4a68d.html">https://www.studmed.ru/shik-aya-bakueva-lg-musihin-sf-rykov-safizika-nizkorazmernih-sistem_f4d91c4a68d.html</a>
Э2	Демиховский В.Я., Вугальтер Г.А. Физика квантовых низкоразмерных структур. М: Логос, 2000. – 247 с. Url: <a href="https://www.studmed.ru/demihovskiy-vya-vugalter-ga-fizika-kvantovyh-nizkorazmernih-struktur_b189d926b2d.html">https://www.studmed.ru/demihovskiy-vya-vugalter-ga-fizika-kvantovyh-nizkorazmernih-struktur_b189d926b2d.html</a> . В открытом доступе.	<a href="https://www.studmed.ru/demihovskiy-vya-vugalter-ga-fizika-kvantovyh-nizkorazmernih-struktur_b189d926b2d.html">https://www.studmed.ru/demihovskiy-vya-vugalter-ga-fizika-kvantovyh-nizkorazmernih-struktur_b189d926b2d.html</a>
Э3	Кульбачинский В.А. Двумерные, одномерные, нульмерные структуры и сверхрешетки. М.: Физ. фак. МГУ, 1998. – 162 с. Url: <a href="https://www.studmed.ru/kulbachinskiy-va-dvumernye-odnomernye-nulmernye-struktury-i-sverhreshetki_6902e3bac81.html">https://www.studmed.ru/kulbachinskiy-va-dvumernye-odnomernye-nulmernye-struktury-i-sverhreshetki_6902e3bac81.html</a> . В открытом доступе.	<a href="https://www.studmed.ru/kulbachinskiy-va-dvumernye-odnomernye-nulmernye-struktury-i-sverhreshetki_6902e3bac81.html">https://www.studmed.ru/kulbachinskiy-va-dvumernye-odnomernye-nulmernye-struktury-i-sverhreshetki_6902e3bac81.html</a>
Э4	Драгунов В.П., Неизвестный И.Г., Гридчин В.А. Основы Нанoeлектроники. Новосибирск: НГТУ, 2000. – 340 с. Url: <a href="https://www.studmed.ru/dragunov-vp-neizvestnyy-ig-gridchin-va-osnovy-nanoelektroniki_d07ce5b7b47.html">https://www.studmed.ru/dragunov-vp-neizvestnyy-ig-gridchin-va-osnovy-nanoelektroniki_d07ce5b7b47.html</a> . В открытом доступе.	<a href="https://www.studmed.ru/dragunov-vp-neizvestnyy-ig-gridchin-va-osnovy-nanoelektroniki_d07ce5b7b47.html">https://www.studmed.ru/dragunov-vp-neizvestnyy-ig-gridchin-va-osnovy-nanoelektroniki_d07ce5b7b47.html</a>
Э5	Davies, J H.; The Physics of Low-dimensional Semiconductors: An Introduction..Cambridge University Press, 1997. – P.451. Url: <a href="http://macbeth.if.usp.br/~gusev/Davies.pdf">http://macbeth.if.usp.br/~gusev/Davies.pdf</a> . В открытом доступе.	<a href="http://macbeth.if.usp.br/~gusev/Davies.pdf">http://macbeth.if.usp.br/~gusev/Davies.pdf</a>
Э6	Андо Т., Фаулер А, и др. Электронные свойства двумерных систем. М7: Мир, 1985. – 416 с. Url: <a href="https://www.studmed.ru/ando-t-fauler-a-i-dr-elektronnye-svoystva-dvumernyh-sistem_e3c8adfad5.html">https://www.studmed.ru/ando-t-fauler-a-i-dr-elektronnye-svoystva-dvumernyh-sistem_e3c8adfad5.html</a> . В открытом доступе.	<a href="https://www.studmed.ru/ando-t-fauler-a-i-dr-elektronnye-svoystva-dvumernyh-sistem_e3c8adfad5.html">https://www.studmed.ru/ando-t-fauler-a-i-dr-elektronnye-svoystva-dvumernyh-sistem_e3c8adfad5.html</a>

### 6.3 Перечень программного обеспечения

П.1	Лицензии ПО Windows Server CAL ALNG LicSAPk MVL DvcCAL, ПО WinEDUA3 ALNG SubsVL MVL PerUsr и PerUsr
П.2	ESET NOD32 Antivirus
П.3	Win Pro 10 32-bit/64-bit
П.4	Microsoft Office

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

И.1	Полнотекстовые российские научные журналы и статьи:
И.2	— Научная электронная библиотека eLIBRARY <a href="https://elibrary.ru/">https://elibrary.ru/</a>
И.3	Иностраные базы данных (доступ с IP адресов МИСиС):
И.4	— аналитическая база (индексы цитирования) Web of Science <a href="https://apps.webofknowledge.com">https://apps.webofknowledge.com</a>
И.5	— аналитическая база (индексы цитирования) Scopus <a href="https://www.scopus.com/">https://www.scopus.com/</a>
И.6	— наукометрическая система InCites <a href="https://apps.webofknowledge.com">https://apps.webofknowledge.com</a>
И.7	— научные журналы издательства Elsevier <a href="https://www.sciencedirect.com/">https://www.sciencedirect.com/</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
Любой корпус Учебная аудитория	Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа и/или для проведения практических занятий:	доска, комплект учебной мебели на 30 посадочных мест

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**

Освоение каждого раздела курса необходимо начинать с изучения лекционного материала: конспекта лекции, рекомендуемой литературы. Критерием успешного освоения лекционного материала для каждого студента могут служить результаты самоконтроля. Если студент оказывается способным справиться с большинством предлагаемых в каждом разделе дисциплины контрольных вопросов, тестов и задач, может своевременно выполнить домашние задания, значит, процесс освоения материала идет успешно. В противном случае необходимо обратиться к лектору на консультации или на факультативном теоретическом семинаре.