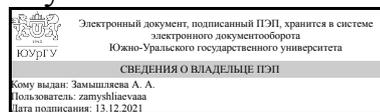


УТВЕРЖДАЮ:  
Директор института  
Институт естественных и точных  
наук



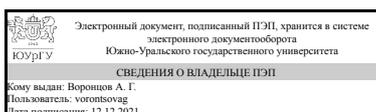
А. А. Замышляева

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

дисциплины 1.Ф.П1.14.02 Кинетические явления в наноразмерных системах  
для направления 11.03.04 Электроника и нанoeлектроника  
уровень Бакалавриат  
профиль подготовки Нанoeлектроника: проектирование, технология, применение  
форма обучения очная  
кафедра-разработчик Физика наноразмерных систем

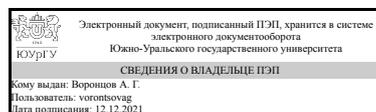
Рабочая программа составлена в соответствии с ФГОС ВО по направлению  
подготовки 11.03.04 Электроника и нанoeлектроника, утверждённым приказом  
Минобрнауки от 19.09.2017 № 927

Зав.кафедрой разработчика,  
д.физ.-мат.н., доц.



А. Г. Воронцов

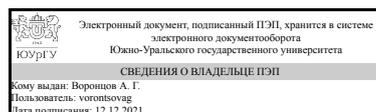
Разработчик программы,  
д.физ.-мат.н., доц., заведующий  
кафедрой



А. Г. Воронцов

СОГЛАСОВАНО

Руководитель образовательной  
программы  
д.физ.-мат.н., доц.



А. Г. Воронцов

## 1. Цели и задачи дисциплины

Цель преподавания дисциплины - формирование знаний о фундаментальных физических основах нанoeлектроники, закономерностях и механизмах переноса носителей заряда и отдельных атомов в системах пониженной размерности, об электрических, тепловых, оптических, магнитных, механических свойствах низкоразмерных систем.

### Краткое содержание дисциплины

Физическая кинетика является основой для описания физической химии нанодисперсных систем, механизмов формирования наночастиц, кооперативных явлений при атомном и электронном транспорте в наносистемах и включает в себя следующие основные разделы: 1) Теория простых кинетических процессов, в которых участвуют отдельные атомные частицы, взаимодействующие с однородным окружением (диффузия в среде и на поверхности твердого тела, адсорбция и десорбция атомных частиц). Статистической модели броуновских частиц с использованием уравнения Ланжевена или уравнения Фоккера–Планка. Экспоненциальная зависимость скорости простых атомарных процессов от температуры - закон Аррениуса. 2) Теория образования и роста наночастиц (фазовых превращений) на поверхности твердого тела, Модель зародышеобразования (Фольмера–Вебера–Зельдовича) и модель спинодального распада. 3) Кинетические явления в объемных полупроводниках (электропроводность собственных полупроводников, проводимость барьера Шоттки и n-p-перехода., эффект Холла). 4) Теория влияния размерного фактора на термодинамические и электронные свойства низкоразмерных структур (изменение температуры плавления, поверхностной энергии, колебательных и электронных спектров. 5) Особенности переноса носителей заряда через низкоразмерные структуры: баллистический транспорт и интерференционные эффекты, квантование проводимости низкоразмерных проводников, квантовый эффект Холла (интегральный и дробный), одноэлектронное и резонансное туннелирование, спин зависимый транспорт носителей заряда.

## 2. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины

| Планируемые результаты освоения ОП ВО (компетенции)  | Планируемые результаты обучения по дисциплине  |
|--|--|
| ПК-3 Способен аргументировано выбирать и реализовывать на практике эффективную методику экспериментального исследования параметров и характеристик приборов, схем, устройств и установок электроники и нанoeлектроники различного функционального назначения | Знает: кинетические явления, оказывающие влияние на работу узлов, блоков электроники и нанoeлектроники различного функционального назначения |

## 3. Место дисциплины в структуре ОП ВО

|   |   |
|---|---|
| Перечень предшествующих дисциплин, видов работ учебного плана | Перечень последующих дисциплин, видов работ |
|---|---|

|  |                  |
|--|------------------|
| Основы технологий электронного приборостроения | Не предусмотрены |
|--|------------------|

Требования к «входным» знаниям, умениям, навыкам студента, необходимым при освоении данной дисциплины и приобретенным в результате освоения предшествующих дисциплин:

| Дисциплина                                     | Требования  |
|--|---|
| Основы технологий электронного приборостроения | Знает: перспективные технологии электронного приборостроения Умеет: квалифицированно решать разнообразные технологические задачи, возникающие при производстве и эксплуатации аппаратуры, включая обеспечение долговечности и надежности устройств Имеет практический опыт: |

#### 4. Объём и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет 5 з.е., 180 ч., 124,75 ч. контактной работы

| Вид учебной работы   | Всего часов | Распределение по семестрам в часах |         |
|--|-------------|------------------------------------|---------|
|  |             | Номер семестра                     |         |
|  |             | 7                                  | 8       |
| Общая трудоёмкость дисциплины  | 180         | 72                                 | 108     |
| <i>Аудиторные занятия:</i>   | 112         | 64                                 | 48      |
| Лекции (Л)   | 56          | 32                                 | 24      |
| Практические занятия, семинары и (или) другие виды аудиторных занятий (ПЗ) | 28          | 16                                 | 12      |
| Лабораторные работы (ЛР)   | 28          | 16                                 | 12      |
| <i>Самостоятельная работа (СРС)</i>  | 55,25       | 3,75                               | 51,5    |
| с применением дистанционных образовательных технологий                     | 0           |                                    |         |
| Подготовка к лабораторным и контрольным работам по курсу                   | 25,5        | 0                                  | 25,5    |
| Подготовка к экзамену  | 26          | 0                                  | 26      |
| Подготовка к зачету  | 3,75        | 3,75                               | 0       |
| Консультации и промежуточная аттестация                                    | 12,75       | 4,25                               | 8,5     |
| Вид контроля (зачет, диф.зачет, экзамен)                                   | -           | зачет                              | экзамен |

#### 5. Содержание дисциплины

| № раздела | Наименование разделов дисциплины  | Объем аудиторных занятий по видам в часах |    |    |    |
|-----------|---|---|----|----|----|
|           |   | Всего                                     | Л  | ПЗ | ЛР |
| 1         | Введение в курс. Случайные блуждания (броуновское движение), уравнения Фоккера-Планка для описания диффузии и адсорбции | 34  | 16 | 12 | 6  |
| 2         | Теория образования и роста наночастиц (фазовых превращений) на  | 10  | 6  | 4  | 0  |

|   |   |    |    |    |    |
|---|---|----|----|----|----|
|   | поверхности твердого тела, Модель зародышеобразования Фольмера–Вебера–Зельдовича и модель спиnodального распада   |    |    |    |    |
| 3 | Кинетические явления в объемных полупроводниках (электропроводность собственных полупроводников, проводимость барьера Шоттки и n-p-перехода, эффект Холла)  | 56 | 24 | 10 | 22 |
| 4 | Особенности переноса носителей заряда через низкоразмерные структуры: баллистический транспорт и интерференционные эффекты, квантование проводимости низкоразмерных проводников, квантовый эффект Холла | 12 | 10 | 2  | 0  |

## 5.1. Лекции

| № лекции | № раздела | Наименование или краткое содержание лекционного занятия   | Кол-во часов |
|----------|-----------|---|--------------|
| 1        | 1         | Уравнения переноса, основы термодинамики необратимых явлений. Статистическая механика и необратимые процессы  | 2            |
| 2        | 1         | Одномерные случайные блуждания, связь с биномиальным, пуассоновским и гауссовским распределениями   | 2            |
| 3        | 1         | Случайные процессы, их основные характеристики, типы. Теорема Винера-Хинчина  | 2            |
| 4        | 1         | Одномерное случайное блуждание: переход к уравнению Фоккера-Планка и получение граничных условий для него. Марковские процессы. Уравнение Смолуховского, вывод одномерного уравнения Фоккера-Планка | 2            |
| 5        | 1         | Броуновское движение. Уравнение Ланжевена. Соотношения Эйнштейна. Переход от уравнения Ланжевена к кинетическому уравнению для функции распределения.   | 2            |
| 6        | 1         | Основное кинетическое уравнение. Примеры использования.   | 2            |
| 7        | 1         | Вывод уравнения Больцмана из основного кинетического уравнения. Н-теорема Больцмана. Приближение времени релаксации.  | 2            |
| 8        | 1         | Вывод уравнений гидродинамики из уравнения Больцмана, их физическое содержание  | 2            |
| 7        | 2         | Модель зародышеобразования Фольмера–Вебера–Зельдовича   | 2            |
| 8        | 2         | Модель спиnodального распада  | 2            |
| 9        | 2         | Особенности образования и роста наночастиц (фазовых превращений) на поверхности твердого тела   | 2            |
| 10       | 3         | Статистика электронов и дырок в собственных и примесных полупроводниках.  | 4            |
| 11       | 3         | Электропроводность собственных и примесных полупроводников  | 2            |
| 12       | 3         | Контактные явления на границе металл-полупроводник  | 2            |
| 13       | 3         | Теория барьера Шоттки. Вольт-амперная характеристика диода Шоттки.  | 4            |
| 14       | 3         | Контактные явления на границе n-p-перехода  | 2            |
| 15       | 3         | Прямые и обратные вольт-амперные характеристики p-n-перехода.   | 4            |
| 16       | 3         | Эффект Холла в полупроводниках.   | 2            |
| 17       | 3         | Термоэлектрические и термомагнитные кинетические явления в полупроводниках  | 4            |
| 18       | 4         | Плотность электронных состояний и статистика носителей заряда в системах с пониженной размерностью.   | 2            |
| 19       | 4         | Фононы в системах с пониженной размерностью   | 2            |
| 20       | 4         | Примесные состояния в системах с пониженной размерностью  | 2            |
| 21       | 4         | Кинетические явления в системах с пониженной размерностью   | 2            |
| 22       | 4         | Квантовый эффект Холла  | 2            |

## 5.2. Практические занятия, семинары

| № занятия | № раздела | Наименование или краткое содержание практического занятия, семинара  | Кол-во часов |
|-----------|-----------|--|--------------|
| 1         | 1         | Число столкновений и средняя длина свободного пробега молекул в газах. Коэффициенты переноса. Законы Фика, Ньютона, Фурье  | 2            |
| 2         | 1         | Случайные функции и их основные характеристики. Марковские процессы. Их основные характеристики. Теорема Винера-Хинчина. Формула Найквиста.  | 2            |
| 3         | 1         | Случайные блуждания как модельная задача теории случайных процессов. Случайные блуждания и основные функции распределения в теории случайных процессов. Сведение случайных блужданий к уравнению Фоккера-Планка. | 2            |
| 4         | 1         | Броуновское движение. Уравнение Ланжевена и его решение. Соотношения Эйнштейна в теории диффузии   | 2            |
| 5         | 1         | Основное кинетическое уравнение. Примеры использования основного кинетического уравнения для неравновесных физических задач  | 2            |
| 6         | 1         | Уравнение Больцмана. Использование приближения времени релаксации для расчета термоэлектрических кинетических коэффициентов.   | 2            |
| 7         | 2         | Модель зародышеобразования Фольмера–Вебера–Зельдовича  | 2            |
| 8         | 2         | Особенности образования и роста наночастиц на поверхности твердого тела  | 2            |
| 9         | 3         | Статистика электронов и дырок в собственных и примесных полупроводниках  | 2            |
| 10        | 3         | Электропроводность собственных и примесных полупроводников   | 2            |
| 11        | 3         | Контактные явления на границе металл-полупроводник   | 2            |
| 12        | 3         | Контактные явления на границе n-p _перехода  | 2            |
| 13        | 3         | Эффект Холла   | 2            |
| 14        | 4         | Кинетические явления в системах с пониженной размерностью  | 2            |

## 5.3. Лабораторные работы

| № занятия | № раздела | Наименование или краткое содержание лабораторной работы                                  | Кол-во часов |
|-----------|-----------|--|--------------|
| 1         | 1         | Лабораторная работа №1. Анализ случайных блужданий методом компьютерного моделирования   | 6            |
| 2         | 3         | Лабораторная работа №2. Диод Шоттки.   | 6            |
| 3         | 3         | Лабораторная работа №3. Изучение полупроводникового p-n-перехода                         | 4            |
| 4         | 3         | Лабораторная работа №4. Моделирование контактных явлений на границе металл-полупроводник | 6            |
| 5         | 3         | Лабораторная работа №5. Изучение эффекта Холла.  | 6            |

## 5.4. Самостоятельная работа студента

| Выполнение СРС   |  |         |              |
|--|--|---------|--------------|
| Подвид СРС   | Список литературы (с указанием разделов, глав, страниц) / ссылка на ресурс                 | Семестр | Кол-во часов |
| Подготовка к лабораторным и контрольным работам по курсу | Раздел 1. Ханефт, А. В. Основы физической кинетики, гл.1 стр. 9-24; Шалимова, К. В. Физика | 8       | 25,5         |

|                       |   |   |      |
|-----------------------|---|---|------|
|                       | полупроводников, глава 5, стр. 133-143.<br>Раздел 2. Иртюго, Л. А. Кинетика гетерогенных процессов : учебное пособие гл.3 стр.58-76, Задачи стр.106-120. Раздел 3. Шалимова, К. В. Физика полупроводников, глава 6, стр.154-183.<br>Раздел 4: Шалимова, К. В. Физика полупроводников, главы 9 и10, стр.240-296; Раздел 5: Росадо, Л. Физическая электроника и микроэлектроника. стр. 330-346. Ко всем разделам: Физические основы микро - и наноэлектроники: Методические указания стр.3-68 |   |      |
| Подготовка к экзамену | Раздел 3. Шалимова, К. В. Физика полупроводников, глава 6, стр.154-183.<br>Раздел 4: Шалимова, К. В. Физика полупроводников, главы 9 и10, стр.240-296; Раздел 5: Росадо, Л. Физическая электроника и микроэлектроника. стр. 330-346. Ко всем разделам: Физические основы микро - и наноэлектроники: Методические указания стр.3-68  | 8 | 26   |
| Подготовка к зачету   | Раздел 1. Ханефт, А. В. Основы физической кинетики, гл.1 стр. 9-24;<br>Шалимова, К. В. Физика полупроводников, глава 5, стр. 133-143.<br>Раздел 2. Иртюго, Л. А. Кинетика гетерогенных процессов : учебное пособие гл.3 стр.58-76.  | 7 | 3,75 |

## 6. Текущий контроль успеваемости, промежуточная аттестация

Контроль качества освоения образовательной программы осуществляется в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе оценивания результатов учебной деятельности обучающихся.

### 6.1. Контрольные мероприятия (КМ)

| № КМ | Се-мestr | Вид контроля     | Название контрольного мероприятия | Вес | Макс. балл | Порядок начисления баллов  | Учитывается в ПА |
|------|----------|------------------|-----------------------------------|-----|------------|--|------------------|
| 1    | 7        | Текущий контроль | Самостоятельная работа №1         | 4   | 8          | В работе 4 задания. За каждое задание начисляется 0, 1 или 2 балла:<br>1 балл - правильно записаны исходные формулы (задание сделано частично), 2 балла - получен правильный ответ (задание сделано полностью), 0 баллов - решение нет, или оно неверно. | зачет            |
| 2    | 8        | Текущий контроль | Самостоятельная работа №2         | 4   | 8          | В работе 4 задания. За каждое задание начисляется 0, 1 или 2 балла:<br>1 балл - правильно записаны исходные формулы (задание сделано частично), 2 балла - получен правильный ответ   | экзамен          |

|   |   |                  |                       |   |   |   |       |
|---|---|------------------|-----------------------|---|---|---|-------|
|   |   |                  |                       |   |   | (задание сделано полностью), 0 баллов - решение нет, или оно неверно.   |       |
| 3 | 7 | Текущий контроль | Лабораторная работа 1 | 2 | 4 | Отчет по лабораторной работе сдается студентом после выполнения измерений и расчета необходимых величин. Отчет сдан в срок, оформлен полностью, не содержит ошибок - 4 балла. Отчет сдан в срок, имеются недочеты в оформлении или исправленные грубые ошибки - 3 балла. Отчет сдан не в срок или выполнен частично, возможно наличие ошибок, не меняющих существа физической проблемы - 2 балла. Отчет сдан после окончания срока теоретического обучения либо в отчете имеются грубые ошибки, меняющие физическую суть проблемы - 1 балл. По желанию студента отчет с грубыми ошибками можно доработать, но не более 1 раза | зачет |
| 4 | 7 | Текущий контроль | Лабораторная работа 2 | 2 | 4 | Отчет по лабораторной работе сдается студентом после выполнения измерений и расчета необходимых величин. Отчет сдан в срок, оформлен полностью, не содержит ошибок - 4 балла. Отчет сдан в срок, имеются недочеты в оформлении или исправленные грубые ошибки - 3 балла. Отчет сдан не в срок или выполнен частично, возможно наличие ошибок, не меняющих существа физической проблемы - 2 балла. Отчет сдан после окончания срока теоретического обучения либо в отчете имеются грубые ошибки, меняющие физическую суть проблемы - 1 балл. По желанию студента отчет с грубыми ошибками можно доработать, но не более 1 раза | зачет |
| 5 | 7 | Текущий контроль | Лабораторная работа 3 | 2 | 4 | Отчет по лабораторной работе сдается студентом после выполнения измерений и расчета необходимых величин. Отчет сдан в срок, оформлен полностью, не содержит ошибок - 4 балла. Отчет сдан в срок, имеются недочеты в оформлении или исправленные грубые ошибки - 3 балла. Отчет сдан не в срок или выполнен частично, возможно наличие ошибок, не меняющих существа физической проблемы - 2 балла. Отчет сдан после окончания срока теоретического обучения либо в отчете имеются грубые ошибки, меняющие физическую суть проблемы - 1 балл. По желанию студента отчет с грубыми ошибками можно доработать, но не более 1 раза | зачет |

|   |   |                          |                           |   |    |   |         |
|---|---|--------------------------|---------------------------|---|----|---|---------|
| 6 | 8 | Текущий контроль         | Лабораторная работа 4     | 2 | 4  | Отчет по лабораторной работе сдается студентом после выполнения измерений и расчета необходимых величин. Отчет сдан в срок, оформлен полностью, не содержит ошибок - 4 балла. Отчет сдан в срок, имеются недочеты в оформлении или исправленные грубые ошибки - 3 балла. Отчет сдан не в срок или выполнен частично, возможно наличие ошибок, не меняющих существа физической проблемы - 2 балла. Отчет сдан после окончания срока теоретического обучения либо в отчете имеются грубые ошибки, меняющие физическую суть проблемы - 1 балл. По желанию студента отчет с грубыми ошибками можно доработать, но не более 1 раза | экзамен |
| 7 | 8 | Текущий контроль         | Лабораторная работа №5    | 2 | 4  | Отчет по лабораторной работе сдается студентом после выполнения измерений и расчета необходимых величин. Отчет сдан в срок, оформлен полностью, не содержит ошибок - 4 балла. Отчет сдан в срок, имеются недочеты в оформлении или исправленные грубые ошибки - 3 балла. Отчет сдан не в срок или выполнен частично, возможно наличие ошибок, не меняющих существа физической проблемы - 2 балла. Отчет сдан после окончания срока теоретического обучения либо в отчете имеются грубые ошибки, меняющие физическую суть проблемы - 1 балл. По желанию студента отчет с грубыми ошибками можно доработать, но не более 1 раза | экзамен |
| 8 | 7 | Промежуточная аттестация | зачет (письменная работа) | - | 40 | Билет содержит 5 заданий: 3 теоретических задания, 2 задачи. За каждое полностью и правильно выполненное задание ставится 8 баллов. Каждое задание, как правило, имеет 4 подпункта, каждый из которых оценивается отдельно в 2 балла: 1 балл - задание сделано частично (правильно записаны только исходные формулы, имеются недочеты в формулировках), 2 балла - задание сделано полностью (получен правильный ответ, присутствуют точные формулировки).   | зачет   |
| 9 | 8 | Промежуточная аттестация | экзамен (письменный)      | - | 40 | Письменный экзамен. Время на работу - 1,5 часа. Билет содержит 5 заданий: 3 теоретических задания, 2 задачи. За каждое полностью и правильно выполненное задание ставится 8 баллов. Каждое задание, как правило, имеет 4 подпункта, каждый из которых   | экзамен |

|  |  |  |  |  |   |  |
|--|--|--|--|--|---|--|
|  |  |  |  |  | оценивается отдельно в 2 балла: 1 балл - задание сделано частично (правильно записаны только исходные формулы, имеются недочеты в формулировках), 2 балла - задание сделано полностью (получен правильный ответ, присутствуют точные формулировки). |  |
|--|--|--|--|--|---|--|

## 6.2. Процедура проведения, критерии оценивания

| Вид промежуточной аттестации | Процедура проведения  | Критерии оценивания                     |
|------------------------------|---|---|
| экзамен                      | Письменная работа -1,5 час. Возможны дополнительные вопросы по представленной работе. Прохождение контрольного мероприятия промежуточной аттестации является обязательным | В соответствии с пп. 2.5, 2.6 Положения |
| зачет                        | Письменная работа -1 час. Возможны дополнительные вопросы по представленной работе. Прохождение контрольного мероприятия промежуточной аттестации является обязательным   | В соответствии с пп. 2.5, 2.6 Положения |

## 6.3. Оценочные материалы

| Компетенции | Результаты обучения  | № КМ |   |   |   |   |   |   |   |   |
|-------------|--|------|---|---|---|---|---|---|---|---|
|             |  | 1    | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| ПК-3        | Знает: кинетические явления, оказывающие влияние на работу узлов, блоков электроники и наноэлектроники различного функционального назначения | +    | + | + | + | + | + | + | + | + |

Фонды оценочных средств по каждому контрольному мероприятию находятся в приложениях.

## 7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

### Печатная учебно-методическая документация

#### а) основная литература:

1. Росадо, Л. Физическая электроника и микроэлектроника Пер. с исп. С. И. Баскакова; Под ред. В. А. Терехова. - М.: Высшая школа, 1991. - 351 с. ил.

#### б) дополнительная литература:

Не предусмотрена

#### в) отечественные и зарубежные журналы по дисциплине, имеющиеся в библиотеке:

1. Успехи физических наук, 1961-2016гг.

#### г) методические указания для студентов по освоению дисциплины:

1. Методические указания для самостоятельной работы студентов

#### из них: учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студента:

1. Методические указания для самостоятельной работы студентов

## Электронная учебно-методическая документация

| № | Вид литературы   | Наименование ресурса в электронной форме          | Библиографическое описание   |
|---|--|---|--|
| 1 | Методические пособия для самостоятельной работы студента | Электронно-библиотечная система издательства Лань | Кузнецов, С.И. Элементы физической кинетики. Курс физики с примерами решения задач: учебное пособие. [Электронный ресурс] / С.И. Кузнецов, В.В. Каплин, С.Р. Углов. — Электрон. дан. — Томск : ТПУ, 2011. — 77 с. — Режим доступа: <a href="http://e.lanbook.com/book/10275">http://e.lanbook.com/book/10275</a> — Загл. с экрана.   |
| 2 | Основная литература                                      | Электронно-библиотечная система издательства Лань | Шалимова, К. В. Физика полупроводников : учебник / К. В. Шалимова. — 4-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2021. — 384 с. — ISBN 978-5-8114-0922-8. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <a href="https://e.lanbook.com/book/167840">https://e.lanbook.com/book/167840</a> (дата обращения: 10.12.2021). — Режим доступа: для авториз. пользователей.                 |
| 3 | Основная литература                                      | Электронно-библиотечная система издательства Лань | Ханефт, А. В. Основы физической кинетики : учебное пособие / А. В. Ханефт. — Кемерово : КемГУ, 2020. — 148 с. — ISBN 978-5-8353-2670-9. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <a href="https://e.lanbook.com/book/162602">https://e.lanbook.com/book/162602</a> (дата обращения: 30.11.2021). — Режим доступа: для авториз. пользователей.                                 |
| 4 | Дополнительная литература                                | Электронно-библиотечная система издательства Лань | Иртюго, Л. А. Кинетика гетерогенных процессов : учебное пособие / Л. А. Иртюго, А. А. Шубин. — Красноярск : СФУ, 2021. — 132 с. — ISBN 978-5-7638-4282-1. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <a href="https://e.lanbook.com/book/181604">https://e.lanbook.com/book/181604</a> (дата обращения: 11.12.2021). — Режим доступа: для авториз. пользователей.               |
| 5 | Методические пособия для самостоятельной работы студента | Электронно-библиотечная система издательства Лань | Физические основы микро - и наноэлектроники: Методические указания : методические указания. — Москва : РТУ МИРЭА, 2020. — 71 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <a href="https://e.lanbook.com/book/163885">https://e.lanbook.com/book/163885</a> (дата обращения: 09.12.2021). — Режим доступа: для авториз. пользователей.   |
| 6 | Дополнительная литература                                | Электронно-библиотечная система издательства Лань | Гусев, А. И. Наноматериалы, наноструктуры, нанотехнологии : учебное пособие / А. И. Гусев. — 2-е изд., испр. — Москва : ФИЗМАТЛИТ, 2009. — 416 с. — ISBN 978-5-9221-0582-8. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <a href="https://e.lanbook.com/book/2173">https://e.lanbook.com/book/2173</a> (дата обращения: 01.12.2021). — Режим доступа: для авториз. пользователей. |

Перечень используемого программного обеспечения:

1. Microsoft-Office(бессрочно)

Перечень используемых профессиональных баз данных и информационных справочных систем:

Нет

### **8. Материально-техническое обеспечение дисциплины**

| Вид занятий          | № ауд.      | Основное оборудование, стенды, макеты, компьютерная техника, предустановленное программное обеспечение, используемое для различных видов занятий |
|----------------------|-------------|--|
| Лабораторные занятия | 305<br>(16) | Компьютер, проектор, экран   |
| Лекции               | 305<br>(16) | Оборудование для демонстрации презентаций: компьютер проектор, экран   |