

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ПЕНЗЕНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

УТВЕРЖДАЮ  
Декан факультета  
физико-математических  
и естественных наук



Ю. П. Перельгин

от « 13 » апреля 2016 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**Б 1.2.21.2 ВВЕДЕНИЕ В МЕЗОСКОПИКУ КОНДЕНСИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ**

Уровень высшего образования: бакалавриат

Направление подготовки: 44.03.05 Педагогическое образование  
( с двумя профилями подготовки)

Профили подготовки: Физика, Технология

Форма обучения: очная

Пенза – 2016 г.

### 1. Цели освоения дисциплины

Целями освоения дисциплины «Введение в мезоскопику конденсированного состояния» являются: формирование у обучающихся современного естественнонаучного мировоззрения; освоение современного стиля физического мышления; систематизированных знаний, умений и навыков при работе в области физики мезоскопических систем, систематизированных знаний, умений и навыков в области современной физики.

#### Задачи изучаемой дисциплины:

- создать представление о предмете мезоскопической физики, ее современном состоянии и путях развития, связи ее с другими науками;
- сформировать представление об основных типах мезоскопических структур;
- сформировать представление о методах получения мезоскопических структур;
- показать применение методов теоретической физики для изучения свойств мезоскопических систем.

### 2. Место дисциплины в структуре ООП бакалавриата

Дисциплина «Введение в мезоскопику конденсированного состояния» относится к дисциплинам по выбору вариативной части блока Дисциплины (модули).

Изучение данной дисциплины базируется на знаниях, умениях, навыках, сформированных в процессе изучения предметов: «Общая и экспериментальная физика», «Аналитическая геометрия», «Линейная алгебра», «Математический анализ», «Основы теоретической физики».

В результате изучения данной дисциплины обучающийся должен:

**знать** основные понятия и строгие доказательства фактов основных разделов курсов «Линейная алгебра», «Аналитическая геометрия», «Математический анализ», физические законы и современное состояние физической науки.

**уметь** применять теоретические знания к решению физических задач по курсу;

**владеть** навыками использования курса общей и экспериментальной физики для объяснения явлений в природе и технике.

В результате освоения этих дисциплин обучающийся должен знать основы механики, молекулярной физики, электродинамики, оптики, квантовой физики, дифференциального и интегрального исчисления, теорию дифференциальных уравнений, иметь навыки работы с компьютером, уметь проводить поиск необходимой информации в сети «Internet».

### 3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины «Введение в мезоскопику конденсированного состояния».

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование элементов следующих компетенций в соответствии с ФГОС ВО по данному направлению:

Коды компетенции	Наименование компетенции	Структурные элементы компетенции (в результате освоения дисциплины обучающийся должен знать, уметь, владеть)
1	2	3
СКФ-1	Знание концептуальных и теоретических основ физики, её места в общей системе наук и ценностей, истории развития и современного состояния	<b>Знать:</b> физическую сущность явлений и процессов, происходящих в мезоскопических системах, основные методы решения конкретных задач мезоскопии, методы синтеза мезоскопических систем.
		<b>Уметь:</b> применять компьютерные технологии для иллюстрации основных физических явлений и процессов в мезоскопических системах, использовать теоретические методы решения конкретных задач физики мезоскопических систем.
		<b>Владеть:</b> навыками проведения конкретных теоретических расчетов.

**4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ  
«ВВЕДЕНИЕ В МЕЗОСКОПИКУ КОНДЕНСИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ»**

**4.1. СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ**

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетных единицы, 108 часов.

№ п/п	Наименование разделов и тем дисциплины	Семестр	Недели семестра	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)							Формы текущего контроля успеваемости (по неделям семестра)			
				Аудиторная работа			Самостоятельная работа				Собеседование	Реферат	Тест	Контрольная работа
				Всего	Лекция	Практические занятия	Всего	Подготовка к аудиторным занятиям	Доклад	Реферат				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
<b>1.</b>	<b>Раздел 1. Квантовое туннелирование с диссипацией</b>	<b>9</b>	<b>1-2</b>	<b>6</b>	<b>2</b>	<b>4</b>	<b>10</b>	<b>8</b>	<b>2</b>		<b>1-2</b>			
1.1.	Тема 1.1. Квантовая локализация в системах разной мерности.	9	1	4	2	2	4	4			1			
1.2	Тема 1.2. Квантовое туннелирование с диссипацией. Метод инстантонов	9	2	2		2	6	4	2		2			
<b>2</b>	<b>Раздел 2. Квантовое туннелирование в макроскопических системах</b>	<b>9</b>	<b>3-4</b>	<b>6</b>	<b>2</b>	<b>4</b>	<b>10</b>	<b>6</b>	<b>4</b>		<b>3-4</b>			
2.1	Тема 2.1. Квантовое туннелирование в макросистемах	9	3	4	2	2	6	4	2					

2.2	Тема 2.2. Квантовое туннелирование с диссипацией в макросистемах	9	4	2		2	4	2	2		4			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
3	<b>Раздел 3. Полупроводниковые сверхрешетки, квантовые нити, точки</b>	9	5-6	6	2	4	8	4	4		5-6			
3.1	Тема 3.1. Типы сверхрешеток. Квантовые проволоки и квантовые точки, плотность электронных состояний.	9	5	4	2	2	4	2	2		5			
3.2	Тема 3.2. Квантование энергии электронов в узких двумерных проводниках.	9	6	2		2	4	2	2		6		6	
4	<b>Раздел 4. Двумерные туннельные бифуркации</b>	9	7-9	10	4	6	18	6	6	6	7-9			
4.1	Тема 4.1. Синхронный и асинхронный режимы туннелирования	9	7	4	2	2	4	2	2		7			
4.3	Тема 4.2. Конкурирующие туннельные траектории в 2D-потенциале	9	8	2		2	8	2	2	4	8			
4.4	Тема 4.3. Двухфотонная спектроскопия 1D и 2D-диссипативного туннелирования в квантовых молекулах	9	9	4	2	2	6	2	2	2			9	
5	<b>Раздел 5. Динамика квантовой эволюции в низкоразмерных системах</b>	9	10-14	14	4	10	20	6	6	8	10-12			
5.1	Тема 5.1. Низкотемпературные химические реакции как туннельные системы с диссипацией	9	10-11	6	2	4	8	2	2	4		10		
5.2	Тема 5.2. Двухфотонное поглощение в квантовых молекулах с туннельно-прозрачным барьером	9	12-13	6	2	4	8	2	2	4		12		
5.3	Тема 5.3. Управляемое диссипативное туннелирование во внешних полях	9	14	2		2	4	2	2					14
	<b>Общая трудоемкость, в часах - 108</b>			42	14	28	66	30	22	14				
											Промежуточная аттестация			
											Форма	Семестр		
											Зачет	9		

## 4.2. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### Раздел 1. КВАНТОВОЕ ТУННЕЛИРОВАНИЕ С ДИССИПАЦИЕЙ

#### Тема 1.1. Квантовая локализация в нерегулярных системах разной мерности.

Квантовая локализация в нерегулярных системах разной мерности.

#### Тема 1.2. Туннельные системы с диссипацией. Метод инстантонов.

Низкотемпературные химические реакции как туннельные системы с диссипацией. Метод инстантонов. Понятие о квантовом хаосе.

### Раздел 2. КВАНТОВОЕ ТУННЕЛИРОВАНИЕ В МАКРОСКОПИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ

#### Тема 2.1. Квантовое туннелирование в макросистемах.

Взаимодействие со средой при квантовом туннелировании. Туннелирование при нулевой температуре.

#### Тема 2.2. Квантовое туннелирование с диссипацией в макросистемах.

Применимость квантовой механики к макроскопическим телам. Макроскопически различимые состояния системы. Квантовая когерентность. СКВИД. Диссипативность макросистем. Механизм диссипации.

### Раздел 3. ПОЛУПРОВОДНИКОВЫЕ СВЕРХРЕШЕТКИ, КВАНТОВЫЕ ПРОВОЛОКИ, ТОЧКИ

#### Тема 3.1. Типы сверхрешеток. Квантовые проволоки и квантовые точки, плотность электронных состояний. Методы получения.

Типы сверхрешеток. оптические свойства сверхрешеток. Электропроводность сверхрешеток. Квантовые проволоки и квантовые точки, плотность электронных состояний. Методы получения квантовых проволок и квантовых точек.

#### Тема 3.2. Квантование энергии электронов в узких двумерных проводниках.

Квантование энергии электронов в узких двумерных проводниках. Сопротивление баллистического проводника. Флуктуации сопротивления, эффект Ааронова-Бома. Влияние деформаций на энергетический спектр сверхрешеток.

### Раздел 4. ДВУМЕРНЫЕ ТУННЕЛЬНЫЕ БИФУРКАЦИИ

#### Тема 4.1. Синхронный и асинхронный режимы туннелирования

Длина диффузии неосновных носителей заряда, длина экранирования. Разогрев носителей заряда, длина остывания, длина свободного пробега носителей заряда. Размерное квантование энергии электронов, двумерная плотность электронных состояний. Модель Кронига-Пенни. Молекулярно-лучевая эпитаксия. Схема образования двумерных электронов. Системы с двумерными электронами, методы легирования структур. Структура размерных подзон, кремний и арсенид галлия. Потенциальная энергия электронов в инверсионном слое, приближение треугольного потенциала.

## **Тема 4.2. Конкурирующие туннельные траектории в 2D-потенциале**

Приближение континуального интеграла. Две траектории туннелирования. Неустойчивость траекторий туннелирования.

## **Тема 4.3. Двухфотонная спектроскопия 1D и 2D-диссипативного туннелирования в квантовых молекулах**

Одноинстантонное приближение. Влияние электрического поля на туннелирование в квантовой молекуле. Спектры двухфотонного примесного поглощения. 2D – туннельные бифуркации и квантовые биения.

## **Раздел 5. ДИНАМИКА КВАНТОВОЙ ЭВОЛЮЦИИ В НИЗКОРАЗМЕРНЫХ СИСТЕМАХ**

### **Тема 5.1. Низкотемпературные химические реакции как туннельные системы с диссипацией**

Низкотемпературные химические реакции в конденсированной среде. Константа скорости. Квазиклассическое действие.

### **Тема 5.2. Двухфотонное поглощение в квантовых молекулах с туннельно-прозрачным барьером**

Параметры диссипативного туннелирования. Влияние параметров диссипативного туннелирования на спектральные зависимости вероятности двухфотонного примесного поглощения в квантовой молекуле.

### **Тема 5.3. Управляемое диссипативное туннелирование во внешних полях**

Управляемость диссипативного туннелирования в системе туннельно-связанных квантовых точек в электрическом поле. Особенности ВАХ в системе «АСМ/СТМ-квантовая точка».

## **5. Образовательные технологии**

В ходе освоения дисциплины при проведении аудиторных занятий используются следующие образовательные технологии: лекции, тестирования с использованием активных и интерактивных форм проведения занятий:

- лекция-визуализация:
  - Тема 1.1. Квантовая локализация в системах разной мерности;
  - Тема 3.1. Типы сверхрешеток. Квантовые проволоки и квантовые точки, плотность электронных состояний.
- лекция проблемного характера:
  - Тема 4.1. Синхронный и асинхронный режимы туннелирования.

В целях реализации индивидуального подхода к обучению студентов, осуществляющих учебный процесс по собственной траектории в рамках индивидуального рабочего плана, изучение данной дисциплины базируется на следующих возможностях: обеспечение внеаудиторной работы со студентами, в том числе в электронной образовательной среде с использованием соответствующего программного оборудования, дистанционных форм обучения, возможностей интернет-ресурсов, индивидуальных консультаций и т.д.

**6. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов.  
Оценочные средства для текущего контроля успеваемости,  
промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины.**

**6.1. План самостоятельной работы студентов**

Неделя	№ темы	Вид самостоятельной работы	Кол-во часов	Лит-ра
1	1.1	Подготовка к аудиторному занятию: – работа с конспектом лекции по теме; – работа с учебником; подготовка к собеседованию;	4	[1] - [5]
2	1.2	Подготовка к аудиторному занятию: – работа с конспектом лекции по теме; – работа с учебником; подготовка к собеседованию; подготовка доклада.	4 2	[1] - [5]
3	2.1	Подготовка к аудиторному занятию: – работа с конспектом лекции по теме; – работа с учебником; подготовка к собеседованию; подготовка доклада.	4 2	[1] - [5]
4	2.2	Подготовка к аудиторному занятию: – работа с конспектом лекции по теме; – работа с учебником; подготовка к собеседованию; подготовка доклада.	2 2	[1] - [5]
5	3.1	Подготовка к аудиторному занятию: – работа с конспектом лекции по теме; – работа с учебником; подготовка к собеседованию; подготовка доклада.	2 2	[1] - [5]
6	3.2	Подготовка к аудиторному занятию: – работа с конспектом лекции по теме; – работа с учебником; подготовка к собеседованию; подготовка доклада.	2 2	[1] - [5]
7	4.1	Подготовка к аудиторному занятию: – работа с конспектом лекции по теме; – работа с учебником; подготовка к собеседованию; подготовка доклада.	2 2	[1] - [5]
8	4.2	Подготовка к аудиторному занятию: – работа с конспектом лекции по теме; – работа с учебником; подготовка к собеседованию; подготовка доклада; подготовка реферата.	2 2 4	[1] - [5]
9	4.3	Подготовка к аудиторному занятию: – работа с конспектом лекции по теме; – работа с учебником; подготовка к собеседованию; подготовка доклада; подготовка реферата.	2 2 2	[1] - [5]
10-11	5.1	Подготовка к аудиторному занятию: – работа с конспектом лекции по теме; – работа с учебником; подготовка к собеседованию; подготовка доклада; подготовка реферата.	2 2 4	[1] - [5]
12-13	5.2	Подготовка к аудиторному занятию: – работа с конспектом лекции по теме; – работа с учебником; подготовка к собеседованию; подготовка доклада; подготовка реферата.	2 2 4	[1] - [5]

14	5.3	Подготовка к аудиторному занятию: – работа с конспектом лекции по теме; – работа с учебником; подготовка к собеседованию. подготовка доклада.	2 2	[1] - [5]
----	-----	--	--------	-----------

\* - список учебных пособий приводится ниже

## 6.2. Методические указания по организации самостоятельной работы студентов

Самостоятельная работа студентов при изучении дисциплины «**Введение в мезоскопику конденсированного состояния**» предполагает следующие формы: подготовка к аудиторным занятиям и написание реферата, работу под руководством преподавателя (консультации, помощь в написании рефератов и др.) и индивидуальную работу студента, выполняемую, в том числе в компьютерных классах с выходом в Интернет и в читальных залах университета. При реализации образовательных технологий используются следующие виды самостоятельной работы:

- работа с конспектом лекции (обработка текста);
- работа над учебным материалом учебника;
- прохождение компьютерного тестирования обучающего и контролирующего характера;
- решение задач и упражнений по образцу;
- решение вариативных задач и упражнений;
- подготовка реферата и доклада по нему с компьютерной презентацией;
- поиск информации в сети «Интернет» и литературе;

1. подготовка к сдаче экзамена. Подготовка к аудиторным занятиям включает в себя изучение учебной, учебно-методической, научной литературы и конспектов лекций по данной теме (разделу) с целью формирования теоретических представлений по изучаемой проблеме; изучения методики проведения, компьютерного моделирования по данной теме (пункт 7 программы).

*Содержание заданий определяется преподавателем с учетом дифференцированного и лично-ориентированного подходов.*

Контроль качества и объема выполненных заданий осуществляется во время аудиторного занятия в форме собеседования и/или тестирования (компьютерное или бланковое)

2. Написание реферата осуществляется студентом по индивидуально выбранной теме из банка тем рефератов. Содержание и объем реферативной работы определяется преподавателем. Студент самостоятельно осуществляет поиск источников информационного сопровождения работы, критический анализ содержания отобранной информации, компоновку и оформление реферата.

Оценивание реферата осуществляется по единой для всех студентов системе критериев включающих: степень раскрытия темы (при изучении рукописи реферата), уровень владения материалом реферативной работы (в ходе защиты реферата и ответов на вопросы), композиция работы и представления работы на защите.

Защита рефератов осуществляется по решению преподавателя публично во время лекции или практического занятия либо в индивидуальном порядке во внеаудиторное время.

## 6.3 Материалы для проведения текущего и промежуточного контроля знаний студентов. Контроль освоения компетенций

№	Контролируемые темы	Код контролируемой компетенции или её части	Наименование оценочного средства
1	Раздел 1. Квантовое туннелирова-		



	<b>ние с диссипацией</b>		
1.1	Тема 1.1. Квантовая локализация в системах разной мерности.	СКФ-1	собеседование
1.2	Тема 1.2. Квантовое туннелирование с диссипацией. Метод инстантонов	СКФ-1	собеседование
<b>2</b>	<b>Раздел 2. Квантовое туннелирование в макроскопических системах</b>		
2.1	Тема 2.1. Квантовое туннелирование в макросистемах	СКФ-1	
2.2	Тема 2.2. Квантовое туннелирование с диссипацией в макросистемах	СКФ-1	собеседование
<b>3</b>	<b>Раздел 3. Полупроводниковые сверхрешетки, квантовые нити, точки</b>		
3.1	Тема 3.1. Типы сверхрешеток. Квантовые проволоки и квантовые точки, плотность электронных состояний.	СКФ-1	собеседование
3.2	Тема 3.2. Квантование энергии электронов в узких двумерных проводниках.	СКФ-1	собеседование, тест
<b>4</b>	<b>Раздел 4. Двумерные туннельные бифуркации</b>		
4.1	Тема 4.1. Синхронный и асинхронный режимы туннелирования	СКФ-1	собеседование
4.2	Тема 4.2. Конкурирующие туннельные траектории в 2D-потенциале	СКФ-1	собеседование
4.3	Тема 4.3. Двухфотонная спектроскопия 1D и 2D-диссипативного туннелирования в квантовых молекулах	СКФ-1	тест
<b>5</b>	<b>Раздел 5. Динамика квантовой эволюции в низкоразмерных системах</b>		
5.1	Тема 5.1. Низкотемпературные химические реакции как туннельные системы с диссипацией	СКФ-1	защита реферата
5.2	Тема 5.2. Двухфотонное поглощение в квантовых молекулах с туннельно-прозрачным барьером	СКФ-1	защита реферата
5.3	Тема 5.3. Управляемое диссипативное туннелирование во внешних полях	СКФ-1	контрольная работа

*Демонстрационный вариант вопросов для собеседования*

1. Приведите решение уравнения Шредингера для электрона в двумерной потенциальной яме с бесконечно высокими стенками.
2. Приведите выражение для спектра энергии двумерных электронов.
3. Почему спектр энергии двумерных электронов является квазидискретным?
4. Что такое энергетическая подзона?
5. Как влияет температура на заполнение энергетических подзон?

6. Получить спектр энергий и собственные волновые функции для электрона в одномерном квантовом ящике.
7. Что такое эффект Ааронова-Бома?
8. Определить коэффициент прохождения через одномерное баллистическое кольцо с магнитным потоком.
9. Вывести граничное условие для волновой функции в Y-контакте.
10. Почему проводимость кольца зависит от энергии Ферми?

### *Демонстрационный вариант контрольного теста*

1. Выберите соответствие между характерными длинами и размерными эффектами.

1. Длина волны де Бройля	А. Классические размерные эффекты
2. Длина экранирования	Б. Квантовые размерные эффекты
3. Длина диффузии	В. Не является характерной длиной

2. Выберите соответствие между мезоскопическими системами и размерностью структур

1. Квантовые точки	А. Квазиульмерные структуры
2. Квантовые проволоки	Б. Квазиодномерные структуры
3. Квантовые ямы	В. Квазидвумерные структуры
4. Сверхрешетки	Г. Объемные структуры

3. Справедлив ли закон Ома для мезоскопических тел?

4. Что такое эффективная размерность образца?

5. Приведите правильную формулу для энергии электрона в квантовой яме с прямоугольным потенциальным профилем:

$$a) E_n = \hbar\omega \left( n + \frac{1}{2} \right),$$

$$b) E_{n,k} = \frac{n^2 \pi^2 \hbar^2}{2m_1 l^2} + \frac{\hbar^2 k_1^2}{2m_2} + \frac{\hbar^2 k_2^2}{2m_3},$$

$$в) E_n = \frac{n^2 \pi^2 \hbar^2}{2m l^2},$$

$$г) E_{n,k} = \hbar\omega \left( n + \frac{1}{2} \right) + \frac{\hbar^2 k_1^2}{2m_2} + \frac{\hbar^2 k_2^2}{2m_3}.$$

### *Темы рефератов*

1. Свойства мезоскопических систем.

2. Характерные длины.
3. Размерное квантование энергии носителей заряда.
4. Метод инстантонов.
5. Квантовый хаос.
6. Квантовое туннелирование с диссипацией.
7. Низкотемпературные химические реакции.
8. Квантовый эффект Холла.
9. Эффект Аронова-Бома.
10. Методы изготовления мезоскопических систем.
11. Квантовые ямы, проволоки, точки.
12. Электропроводимость низкоразмерных структур.
13. Баллистическая проводимость.
14. Осцилляции Шубникова-Де Гааза.
15. Сверхрешетки.
16. Практическое использование низкоразмерных структур.
17. Оптические свойства мезоскопических структур.
18. Квазичастицы в наноструктурах.

***Вопросы к зачету по дисциплине  
«Введение в мезоскопику конденсированного состояния»***

1. Длина диффузии неосновных носителей заряда, длина экранирования;
2. Разогрев носителей заряда, длина остывания, длина свободного пробега носителей заряда;
3. Размерное квантование энергии электронов, двумерная плотность электронных состояний;
4. Схема образования двумерных электронов;
5. Системы с двумерными электронами, методы легирования структур;
6. Структура размерных подзон, кремний и арсенид галлия;
7. Потенциальная энергия электронов в инверсионном слое, приближение треугольного потенциала;
8. Целочисленный квантовый эффект Холла;
9. Дробный квантовый эффект Холла;
10. Динамический квантовый эффект Холла;
11. Метрологические применения квантового эффекта Холла;
12. Квантовые поправки к проводимости;
13. Осцилляции Шубникова-Де Гааза в двумерной электронной системе;
14. Особенности амплитуды осцилляций магнитосопротивления в квазидвумерных системах;
15. Типы сверхрешеток;
16. Оптические свойства сверхрешеток;
17. Электропроводимость сверхрешеток;
18. Квантовые нити и квантовые точки, плотность электронных состояний;
19. Методы получения квантовых проволок и квантовых точек;
20. Квантование энергии электронов в узких двумерных проводниках;
21. Сопротивление баллистического проводника;
22. Флуктуации сопротивления, эффект Аронова-Бома;
23. Влияние деформаций на энергетический спектр сверхрешеток;
24. Квантовая локализация в нерегулярных системах разной мерности;
25. Метод инстантонов;
26. Понятие о квантовом хаосе;
27. Низкотемпературные химические реакции как туннельные системы с диссипацией.
28. Управляемость диссипативного туннелирования в квантовых молекулах.

**7. Учебно-методическое и информационное обеспечение  
дисциплины «Введение в мезоскопику конденсированного состояния»**

**а) основная литература:**

№	Автор, название, место издания, издательство, год издания учебной и учебно-методической литературы	Количество экземпляров	Число обучающихся, одновременно изучающих дисциплину
1	Кревчик, В.Д. Метод потенциала нулевого радиуса в физике низкоразмерных систем: монография / В.Д. Кревчик, А. Б. Грунин ; Пенз. гос. ун-т. - Пенза: Изд-во Пенз. гос. ун-та, 2007. - 348 с.	50	20
2	Грунин А.Б. Магнитооптические эффекты в многоямных квантовых структурах с примесными центрами атомного типа : учебное пособие / А. Б. Грунин ; под ред. В. Д. Кревчика ; Пенз. гос. ун-т. - Пенза : Изд-во Пенз. гос. ун-та, 2008. - 124 с.	70	20
3	Методология научных исследований материалов нано- и микроэлектроники: повышение эффективности исследований: учебное пособие / Е.А. Печерская [и др.] ; под ред. Р. М. Печерской. - Пенза: Изд-во Пенз. гос. ун-та, 2012. - 262 с.	24	20
4	Овчинников А.А., Дахновский Ю.И., Жуковский В.Ч., Кревчик В.Д., Семенов М.Б., Тернов А.И., Арынгазин А.К. Введение в современную мезоскопику (учебное пособие с грифом УМО). – Пенза: Изд-во ПГУ, 2003. - 570 с.	59	20
5	Кревчик В.Д. Введение в полупроводниковую наноэлектронику: учеб.пособие / Пенз. гос. ун-т. - Пенза : Изд-во Пенз. гос. ун-та, 2002. - 96 с.	20	20

**б) дополнительная литература:**

№	Автор, название, место издания, издательство, год издания учебной и учебно-методической литературы	Количество экземпляров	Число обучающихся, одновременно изучающих дисциплину
3	Квантовые эффекты в мезоскопических системах: учеб. пособие / Владимир Чеславович Жуковский [и др.]. - М. : Физический факультет МГУ, 2005 - Ч.2 : Мезоскопика конденсированного состояния. Транспортные и магнитооптические свойства наноструктур. - 148 с.	5	20

№	Наименование и краткая характеристика электронных изданий и информационных баз данных	Количество точек доступа
1	Бордовский, Г. А. Физические основы математического моделирования : учебник и практикум для бакалавриата и магистра-	10

	туры / Г. А. Бордовский, А. С. Кондратьев, А. Чоудери. — 2-е изд., испр. и доп. — М. : Издательство Юрайт, 2017. — 319 с. — (Серия : Бакалавр и магистр. Академический курс). — ISBN 978-5-534-05365-4. — Режим доступа : <a href="http://www.biblionline.ru/book/1C52F887-0D12-4B68-8428-35FD75180606">www.biblionline.ru/book/1C52F887-0D12-4B68-8428-35FD75180606</a>	
2	Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Физико-математические науки <a href="http://izvuz_fm.npzgu.ru/page/9761">http://izvuz_fm.npzgu.ru/page/9761</a>	10

### 8. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Для проведения лекционных занятий используется материально-техническое обеспечение лаборатории лекционного эксперимента, в частности лабораторное оборудование лаборатории оптики и квантовой физики (ауд. 13-12 ФФМЕН), лабораторное и демонстрационное оборудование лекционной ауд. №13- 31 и помещения для хранения и профилактического обслуживания учебного оборудования ауд. №13- 32.

Для обеспечения самостоятельной работы студентов используются ресурсы компьютерных классов факультета физико-математических и естественных наук и библиотечного фонда университета.

Рабочая программа дисциплины «Введение в мезоскопию конденсированного состояния» составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО с учётом рекомендаций примерной ОПОП ВО по направлению подготовки: 44.03.05 «Педагогическое образование» с двумя профилями подготовки: «Физика», «Технология».

Программу составил:

Разумов Алексей Викторович, доцент кафедры «Общая физика и методика обучения физике»

 Разумов А.В.

Настоящая программа не может быть воспроизведена ни в какой форме без предварительного письменного разрешения кафедры-разработчика программы.

Программа одобрена на заседании кафедры «Общая физика и методика обучения физике»

Протокол № 8 от «12» апреля 2016 года

Заведующий кафедрой

 А.О. Казаков

Программа одобрена методической комиссией факультета физико-математических и естественных наук

Протокол № 9 от «13» апреля 2016 года

Председатель методической комиссии факультета физико-математических и естественных наук

 М.А. Родионов

**Сведения о переутверждении программы  
на очередной учебный год и регистрации изменений**

Учебный год	Решение кафедры (№ протокола, дата, подпись зав. кафедры)	Внесённые изменения	Номера листов (страниц)		
			заменённых	новых	аннулированных
Рабочая программа дисциплины актуализирована и заменена настоящей в связи с переходом на ФГОС ВО по направлению подготовки 44.03.05 Педагогическое образование (с двумя профилями подготовки) 13.04.2016 г. <i>Смирнов</i>					
2016/2017	Переутверждена на 2016/2017 уч. г. (№ 1 от 30.08.2016) <i>Смирнов</i>	-	-	-	-
2017/2018	Переутверждена 2017/2018 уч. г. (№ 1 от 31.08.2017) <i>Смирнов</i>	-	-	-	-
2018-2019	Переутверждена на 2018-2019 уч. г. (№ 1 от 31.08.2018) <i>Смирнов</i>				
2019-2020	Переутверждена на 2019-2020 уч. г. (№ 1 от 30.08.2019) <i>Смирнов</i>				