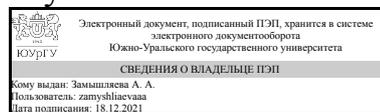


# ЮЖНО-УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

УТВЕРЖДАЮ:  
Директор института  
Институт естественных и точных  
наук



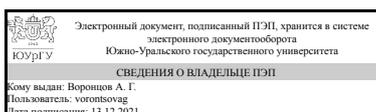
А. А. Замышляева

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

дисциплины 1.Ф.М1.05 Электроника структур пониженной размерности  
для направления 11.04.04 Электроника и наноэлектроника  
уровень Магистратура  
магистерская программа Наноэлектроника: квантовые технологии и материалы  
форма обучения очная  
кафедра-разработчик Физика наноразмерных систем

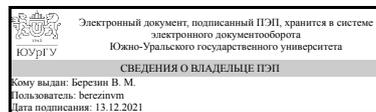
Рабочая программа составлена в соответствии с ФГОС ВО по направлению  
подготовки 11.04.04 Электроника и наноэлектроника, утверждённым приказом  
Минобрнауки от 22.09.2017 № 959

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



А. Г. Воронцов

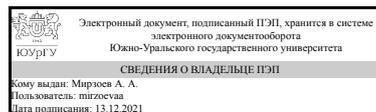
Разработчик программы,  
д.физ.-мат.н., проф., профессор



В. М. Березин

СОГЛАСОВАНО

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



А. А. Мирзоев

## 1. Цели и задачи дисциплины

Формирование знаний и практических навыков магистров по кинетическим эффектам в проводниках с пониженной размерностью: тонкие пленки, полосковые линии передачи, одномерные проводники и т.д. Теоретическое и экспериментальное исследование размерных эффектов электропроводности.

## Краткое содержание дисциплины

Основы теории электронных кинетических эффектов в твердых тел (металлов, полуметаллов, полупроводников). Классические и квантовые размерные эффекты электропроводности. Расчет кинетических параметров электропроводности. Методы измерения электропроводности низкоразмерных образцов различной формы. Плотность состояний в проводниках пониженной размерности. Экспериментальные данные исследования размерных эффектов электропроводности в тонких пленках металлов, полуметаллов и полупроводников.

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

Планируемые результаты освоения ОП ВО (компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине
ПК-2 Способен разрабатывать эффективные алгоритмы решения сформулированных задач с использованием современных языков программирования и обеспечивать их программную реализацию	Знает: Основные понятия, закономерности процессов, протекающих в наноразмерных структурах; методы исследования этих процессов Умеет: Использовать современные квантовомеханические методы для изучения структур пониженной размерности Имеет практический опыт: Использования суперкомпьютерных вычислений для решения задач из области физики структур пониженной размерности

## 3. Место дисциплины в структуре ОП ВО

Перечень предшествующих дисциплин, видов работ учебного плана	Перечень последующих дисциплин, видов работ
Атомистическое моделирование материалов наноэлектроники, Квазиклассические модели электронных устройств	Не предусмотрены

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

Дисциплина	Требования
Атомистическое моделирование материалов наноэлектроники	Знает: Современные методы моделирования структуры и свойств материалов Умеет: Использовать современные программные пакеты для моделирования свойств интересующих

	материалов Имеет практический опыт: Применения современных методов моделирования для решения конкретных практических задач
Квазиклассические модели электронных устройств	Знает: Принципы построения квазиклассических моделей электронных устройств; условия применимости таких моделей Умеет: Строить квазиклассические модели устройств Имеет практический опыт: Программной реализации моделей

#### 4. Объём и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 з.е., 108 ч., 54,25 ч. контактной работы

Вид учебной работы	Всего часов	Распределение по семестрам в часах	
		Номер семестра	
		3	
Общая трудоёмкость дисциплины	108	108	
<i>Аудиторные занятия:</i>	48	48	
Лекции (Л)	16	16	
Практические занятия, семинары и (или) другие виды аудиторных занятий (ПЗ)	0	0	
Лабораторные работы (ЛР)	32	32	
<i>Самостоятельная работа (СРС)</i>	53,75	53,75	
с применением дистанционных образовательных технологий	0		
Подготовка к лабораторным работам	23,75	23.75	
Подготовка к зачету	30	30	
Консультации и промежуточная аттестация	6,25	6,25	
Вид контроля (зачет, диф.зачет, экзамен)	-	зачет	

#### 5. Содержание дисциплины

№ раздела	Наименование разделов дисциплины	Объем аудиторных занятий по видам в часах			
		Всего	Л	ПЗ	ЛР
1	Введение в предмет, цели и задачи дисциплины	2	2	0	0
2	Основы классической и квантовой теории электропроводности твердых тел, в том числе в форме тонких пленок	4	4	0	0
3	Классификация размерных эффектов электропроводности в проводниках пониженной размерности	2	2	0	0
4	Влияние пониженной размерности проводника на параметры электронных носителей. Проявление размерных эффектов электропроводности	4	4	0	0
5	Изучение экспериментальных методов получения тонких пленок полуметаллов и полупроводников	8	4	0	4
6	Изготовление серии опытных образцов тонких пленок заданного	8	0	0	8

	химического состава и их аттестация				
7	Измерение поверхностного сопротивления полученной серии образцов и определение величины размерного эффекта	8	0	0	8
8	Измерение оптического коэффициента пропускания серии тонкопленочных образцов	4	0	0	4
9	Измерение температурного коэффициента электропроводности серии тонкопленочных образцов	8	0	0	8

### 5.1. Лекции

№ лекции	№ раздела	Наименование или краткое содержание лекционного занятия	Кол-во часов
1	1	Введение в предмет. Цели и задачи дисциплины.	2
2	2	Классификация проблем структур пониженной размерности. Классический размерный эффект электросопротивления.	2
3	2	Квантовый размерный эффект. Расчет для тонких пленок.	2
4	3	Классификация размерных эффектов.	2
5	4	Плотность электронных состояний в структурах пониженной размерности.	2
6	4	Концентрация электронных носителей и их зависимость от толщины пленки.	2
7	5	Методы формирования тонких пленок с заданными параметрами.	2
8	5	Методы измерения электросопротивления тонких пленок.	2

### 5.2. Практические занятия, семинары

Не предусмотрены

### 5.3. Лабораторные работы

№ занятия	№ раздела	Наименование или краткое содержание лабораторной работы	Кол-во часов
1	5	Изучение экспериментальных методов формирования пленок полуметаллов. Устройство и принципы работы вакуумной системы «Тор интернейшнел»	4
2	6	Получение серий опытных образцов полуметаллов заданных толщин и химического состава. Аттестация образцов	4
3	6	Получение серий опытных образцов полуметаллов заданных толщин и химического состава. Аттестация образцов	4
4	7	Исследование поверхностного сопротивления с помощью прибора ИУС-3А	4
5	7	Исследование поверхностного сопротивления с помощью прибора ИУС-3А	4
6	8	Исследование оптических свойств серий образцов с помощью спектрофотометра КФК-3	4
7	9	Измерение температурных зависимостей электросопротивления тонких пленок полуметаллов	4
8	9	Измерение температурных зависимостей электросопротивления нанопленок графена.	4

### 5.4. Самостоятельная работа студента

Выполнение СРС			
Подвид СРС	Список литературы (с указанием	Семестр	Кол-

	разделов, глав, страниц) / ссылка на ресурс		во часов
Подготовка к лабораторным работам	Методы формирования тонкопленочных структур. – Челябинск: 2010. ЕД Б-484 э.р. Березин В.М., стр 5-92	3	23,75
Подготовка к зачету	Щука, А. А. Нанoeлектроника, Глава 3, стр 109-116; Технология тонких пленок Т. 2 Справочник: В 2 т. Под ред. Л. Майссела, Р. Глэнга, Глава 9-10, стр. 57-97	3	30

## 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-местр	Вид контроля	Название контрольного мероприятия	Вес	Макс. балл	Порядок начисления баллов	Учитывается в ПА
1	3	Промежуточная аттестация	Зачет	-	5	5 баллов выставляется за полное и исчерпывающее ответы на все поставленные вопросы; 4 балла - ответы даны на все вопросы, но содержат непринципиальные ошибки и неточности; 3 балла - ответы даны с грубыми ошибками; 2 балла - ответы на вопросы даны неверно, студент не понимает сути вопросов; 1 балл - частично дан ответ на один вопрос с грубыми ошибками; 0 баллов - задания не выполнены.	зачет
2	3	Текущий контроль	Лабораторная работа 1	15	5	5 баллов - студент полностью выполнил лабораторную работу, сделал корректные выводы по работе, все вычисления выполнены верно, графики зависимостей построены в соответствии со стандартом ЮУрГУ; 4 балла - студент полностью выполнил лабораторную работу, сделал корректные выводы по работе, но в вычислениях присутствуют неточности/небольшие ошибки, графики зависимостей построены без указаний доверительных интервалов/без подписей и обозначений; 3 балла - студент выполнил лабораторную работу с ошибками в вычислениях, выводы по работе не показывают сути и результатов выполненной работы; 2 балла - выполнена экспериментальная часть работы, выполнена часть необходимых вычислений, отсутствуют выводы;	зачет

						1 балл - выполнена только экспериментальная часть работы, отчет не оформлен; 0 баллов - работа не выполнена.	
3	3	Текущий контроль	Лабораторная работа 2	15	5	5 баллов - студент полностью выполнил лабораторную работу, сделал корректные выводы по работе, все вычисления выполнены верно, графики зависимостей построены в соответствии со стандартом ЮУрГУ; 4 балла - студент полностью выполнил лабораторную работу, сделал корректные выводы по работе, но в вычислениях присутствуют неточности/небольшие ошибки, графики зависимостей построены без указаний доверительных интервалов/без подписей и обозначений; 3 балла - студент выполнил лабораторную работу с ошибками в вычислениях, выводы по работе не показывают сути и результатов выполненной работы; 2 балла - выполнена экспериментальная часть работы, выполнена часть необходимых вычислений, отсутствуют выводы; 1 балл - выполнена только экспериментальная часть работы, отчет не оформлен; 0 баллов - работа не выполнена.	зачет
4	3	Текущий контроль	Лабораторная работа 3	15	5	5 баллов - студент полностью выполнил лабораторную работу, сделал корректные выводы по работе, все вычисления выполнены верно, графики зависимостей построены в соответствии со стандартом ЮУрГУ; 4 балла - студент полностью выполнил лабораторную работу, сделал корректные выводы по работе, но в вычислениях присутствуют неточности/небольшие ошибки, графики зависимостей построены без указаний доверительных интервалов/без подписей и обозначений; 3 балла - студент выполнил лабораторную работу с ошибками в вычислениях, выводы по работе не показывают сути и результатов выполненной работы; 2 балла - выполнена экспериментальная часть работы, выполнена часть необходимых вычислений, отсутствуют выводы; 1 балл - выполнена только экспериментальная часть работы, отчет не оформлен; 0 баллов - работа не выполнена.	зачет
5	3	Текущий контроль	Лабораторная работа 4	15	5	5 баллов - студент полностью выполнил лабораторную работу, сделал корректные выводы по работе, все вычисления выполнены верно, графики зависимостей	зачет

					<p>построены в соответствии со стандартом ЮУрГУ;</p> <p>4 балла - студент полностью выполнил лабораторную работу, сделал корректные выводы по работе, но в вычислениях присутствуют неточности/небольшие ошибки, графики зависимостей построены без указаний доверительных интервалов/без подписей и обозначений;</p> <p>3 балла - студент выполнил лабораторную работу с ошибками в вычислениях, выводы по работе не показывают сути и результатов выполненной работы;</p> <p>2 балла - выполнена экспериментальная часть работы, выполнена часть необходимых вычислений, отсутствуют выводы;</p> <p>1 балл - выполнена только экспериментальная часть работы, отчет не оформлен;</p> <p>0 баллов - работа не выполнена.</p>	
--	--	--	--	--	---	--

## 6.2. Процедура проведения, критерии оценивания

Вид промежуточной аттестации	Процедура проведения	Критерии оценивания
зачет	<p>Прохождение контрольного мероприятия промежуточной аттестации является обязательным. Контрольное мероприятие промежуточной аттестации проводится в форме письменного зачета. Студенты на зачете получают 2 вопроса по пройденному курсу. Максимальный балл за два вопроса равен 5 баллам. В течение полутра-двух часов студенты излагают ответы в письменном виде на поставленные вопросы, после чего сдают их на проверку экзаменатору. После проверки, экзаменатор выставляет баллы за выполненную работу. Если студент не согласен с полученными баллами, ему предоставляется возможность ответить на дополнительные вопросы по всему материалу курса. В течение зачета студентам запрещается пользоваться мобильными телефонами, другими средствами связи, вычислительной техники и другими источниками информации, и материалами.</p>	В соответствии с пп. 2.5, 2.6 Положения

## 6.3. Оценочные материалы

Компетенции	Результаты обучения	№ КМ				
		1	2	3	4	5
ПК-2	Знает: Основные понятия, закономерности процессов, протекающих в наноразмерных структурах; методы исследования этих процессов	+	+	+	+	+
ПК-2	Умеет: Использовать современные квантовомеханические методы для изучения структур пониженной размерности	+	+	+	+	+
ПК-2	Имеет практический опыт: Использования суперкомпьютерных вычислений для решения задач из области физики структур пониженной размерности	+	+	+	+	+

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. Технология тонких пленок Т. 2 Справочник: В 2 т. Под ред. Л. Майссела, Р. Глэнга; Пер. с англ. под ред. М. И. Елинсона, Г. Г. Смолко. - М.: Советское радио, 1977. - 768 с. ил.
2. Технология тонких пленок Т. 1 Справочник Под ред. Л. Майссела, Р. Глэнга; Пер. с англ. под ред. М. И. Елинсона, Г. Г. Смолко. - М.: Советское радио, 1977. - 662 с.

#### б) дополнительная литература:

Не предусмотрена

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

1. 1. Микроэлектроника.
2. 2. Микро- и наносистемная техника
3. 3. Физика твердого тела

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

1. В.М. Березин, Н.С. Забейворота Методы формирования тонкопленочных структур. – Челябинск: 2010.

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

1. В.М. Березин, Н.С. Забейворота Методы формирования тонкопленочных структур. – Челябинск: 2010.

### Электронная учебно-методическая документация

№	Вид литературы	Наименование ресурса в электронной форме	Библиографическое описание
1	Основная литература	Электронно-библиотечная система издательства Лань	Щука, А. А. Нанозлектроника : учебное пособие / А. А. Щука ; под редакцией А. С. Сигова. — 5-е изд. — Москва : Лаборатория знаний, 2020. — 345 с. <a href="https://e.lanbook.com/book/135510">https://e.lanbook.com/book/135510</a>
2	Дополнительная литература	Электронно-библиотечная система издательства Лань	Агеев, И. М. Физические основы электроники и нанозлектроники : учебное пособие / И. М. Агеев. — Санкт-Петербург : Лань, 2020. — 324 с. <a href="https://e.lanbook.com/book/131007">https://e.lanbook.com/book/131007</a>
3	Дополнительная литература	Электронный каталог ЮУрГУ	Березин, В. М. Физические основы твердотельной электроники и нанозлектроники [Текст] учеб. пособие В. М. Березин ; Юж.-Урал. гос. ун-т, Каф. Физика наноразмерных систем ; ЮУрГУ. - Челябинск: Издательский Центр ЮУрГУ, 2019. - 101, [1] с. ил. электрон. версия <a href="http://www.lib.susu.ac.ru/ftd?base=SUSU_METHOD&amp;key=000568130">http://www.lib.susu.ac.ru/ftd?base=SUSU_METHOD&amp;key=000568130</a>

Перечень используемого программного обеспечения:

Нет

Перечень используемых профессиональных баз данных и информационных справочных систем:

1. -База данных ВИНТИ РАН(бессрочно)

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

Не предусмотрено