

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
"РЯЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ РАДИОТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМЕНИ В.Ф. УТКИНА"**

СОГЛАСОВАНО
Зав. выпускающей кафедры

УТВЕРЖДАЮ

**Методы исследования наноматериалов, микро- и
наносистем**

рабочая программа дисциплины (модуля)

Закреплена за кафедрой **Микро- и нанoeлектроники**

Учебный план 03.03.01_26_00.plx
03.03.01 Прикладные математика и физика

Квалификация **бакалавр**

Форма обучения **очная**

Общая трудоемкость **3 ЗЕТ**

Распределение часов дисциплины по семестрам

Семестр (<Курс>.<Семестр на курсе>)	6 (3.2)		Итого	
Неделя	16			
Вид занятий	УП	РП	УП	РП
Лекции	32	32	32	32
Лабораторные	16	16	16	16
Иная контактная работа	0,25	0,25	0,25	0,25
В том числе в форме практ.подготовки	4	4	4	4
Итого ауд.	48,25	48,25	48,25	48,25
Контактная работа	48,25	48,25	48,25	48,25
Сам. работа	51	51	51	51
Часы на контроль	8,75	8,75	8,75	8,75
Итого	108	108	108	108

г. Рязань

Программу составил(и):

д.ф.-м.н., зав. каф., Литвинов Владимир Георгиевич

Рабочая программа дисциплины

Методы исследования наноматериалов, микро- и наносистем

разработана в соответствии с ФГОС ВО:

ФГОС ВО - бакалавриат по направлению подготовки 03.03.01 Прикладные математика и физика (приказ Минобрнауки России от 07.08.2020 г. № 890)

составлена на основании учебного плана:

03.03.01 Прикладные математика и физика

утвержденного учёным советом вуза от 24.04.2026 протокол № 10.

Рабочая программа одобрена на заседании кафедры

Микро- и нанoeлектроники

Протокол от 15.05.2026 г. № 5

Срок действия программы: 2026 - 2030 уч.г.

Зав. кафедрой Литвинов Владимир Георгиевич

Визирование РПД для исполнения в очередном учебном году

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для
исполнения в 2027-2028 учебном году на заседании кафедры
Микро- и нанoeлектроники

Протокол от ____ 2027 г. № ____

Зав. кафедрой _____

Визирование РПД для исполнения в очередном учебном году

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для
исполнения в 2028-2029 учебном году на заседании кафедры
Микро- и нанoeлектроники

Протокол от ____ 2028 г. № ____

Зав. кафедрой _____

Визирование РПД для исполнения в очередном учебном году

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для
исполнения в 2029-2030 учебном году на заседании кафедры
Микро- и нанoeлектроники

Протокол от ____ 2029 г. № ____

Зав. кафедрой _____

Визирование РПД для исполнения в очередном учебном году

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для
исполнения в 2030-2031 учебном году на заседании кафедры

Микро- и нанoeлектроники

Протокол от ____ 2030 г. № ____

Зав. кафедрой _____

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

1.1	Целью освоения дисциплины является приобретение базовых знаний и умений в области методов диагностики наноматериалов, микро- и наносистем в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом и формирование у студентов способности к логическому мышлению, анализу и восприятию информации посредством обеспечения этапов формирования компетенций, предусмотренных ФГОС, в части представленных ниже знаний, умений и навыков.
1.2	Задачи:
1.3	- обучение физическим основам методов диагностики и исследования структуры, химического состава, топологических параметров поверхности, электрофизических и оптических свойств материалов, микро- и наносистем;
1.4	- развитие умений применения на практике методологии научных исследований, организации и проведения научно-исследовательской работы;
1.5	- развитие навыка самостоятельной учебной деятельности.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ) В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Цикл (раздел) ОП:		Б1.В
2.1	Требования к предварительной подготовке обучающегося:	
2.2	Дисциплины (модули) и практики, для которых освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как предшествующее:	
2.2.1	Выполнение и защита выпускной квалификационной работы	
2.2.2	Преддипломная практика	
2.2.3	Производственная практика	

3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

ПК-3: Способен выполнять измерение и проверку электрических параметров изделий "система в корпусе", интегральной схемы

ПК-3.3. Испытывает изделия "система в корпусе" на устойчивость к внешним воздействующим факторам и на соответствие требованиям технического задания

Знать

Уметь

Владеть

ПК-5: Способен тестировать и испытывать готовые изделия "система в корпусе" на соответствие требованиям технического задания, измерять и испытывать изделия "система в корпусе"

ПК-5.1. Проводит предварительные измерения опытных образцов изделий "система в корпусе"

Знать

Уметь

Владеть

ПК-5.2. Обрабатывает результаты измерений и испытаний опытных образцов изделий "система в корпусе"

Знать

Уметь

Владеть

В результате освоения дисциплины (модуля) обучающийся должен

3.1	Знать:
3.1.1	основные факты, базовые концепции и модели физики, квантовой физики, статистической физики, основные характеристики материалов, их применение в элементах электронной техники, основные виды элементов электронной техники, их параметры и характеристики.
3.2	Уметь:
3.2.1	применять на практике основные приемы и программные средства обработки и представления данных, применение которых возможно при изучении методов исследования наноматериалов, микро- и наносистем.
3.3	Владеть:

3.3.1	начальными навыками работы с программными средствами, применение которых возможно при изучении методов исследования наноматериалов, микро- и наносистем.
-------	--

4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)						
Код занятия	Наименование разделов и тем /вид занятия/	Семестр / Курс	Часов	Компетенции	Литература	Форма контроля
	Раздел 1. Введение.					
1.1	Введение. /Тема/	6	0			
1.2	Введение /Лек/	6	2		Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4Л3.1 Л3.2 Л3.3 Л3.4 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5 Э6 Э7	Зачёт.
	Раздел 2. Методы измерения электрофизических параметров полупроводников					
2.1	Методы измерения электрофизических параметров полупроводников /Тема/	6	0			Аналитический отчёт. Зачёт.
2.2	Методы измерения электрофизических параметров полупроводников /Лек/	6	6		Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4 Л1.5 Л1.6Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5 Э6 Э7	Зачёт.
2.3	Определение холловской подвижности и концентрации основных носителей заряда в полупроводниках /Лаб/	6	2		Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4 Л1.5 Л1.6Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4Л3.1 Л3.2 Л3.3 Л3.4 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5 Э6 Э7	Отчёт о лабораторной работе. Защита лабораторной работы.
2.4	Определение диффузионной длины и времени жизни неравновесных носителей заряда в полупроводниках /Лаб/	6	2		Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4 Л1.5 Л1.6Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4Л3.1 Л3.2 Л3.3 Л3.4 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5 Э6 Э7	Отчёт о лабораторной работе. Защита лабораторной работы.
2.5	Исследование вольт-фарадных характеристик диодов Шоттки /Лаб/	6	2		Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4 Л1.5 Л1.6Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4Л3.1 Л3.2 Л3.3 Л3.4 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5 Э6 Э7	Отчёт о лабораторной работе. Защита лабораторной работы.

2.6	Изучение оптического поглощения полупроводников /Лаб/	6	2		Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4 Л1.5 Л1.6Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4Л3.1 Л3.2 Л3.3 Л3.4 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5 Э6 Э7	Отчёт о лабораторной работе. Защита лабораторной работы.
2.7	Методы измерения электрофизических параметров полупроводников /Ср/	6	11		Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4 Л1.5 Л1.6Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5 Э6 Э7	Аналитический отчёт. Зачёт.
	Раздел 3. Методы исследования энергетического спектра электронных состояний в полупроводниковых микро- и наноструктурах					
3.1	Методы исследования энергетического спектра электронных состояний в полупроводниковых микро- и наноструктурах /Тема/	6	0			Аналитический отчёт. Зачёт.
3.2	Методы исследования энергетического спектра электронных состояний в полупроводниковых микро- и наноструктурах /Лек/	6	6		Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4 Л1.5 Л1.6Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5 Э6 Э7	Зачёт.
3.3	Исследование спектральной плотности мощности низкочастотного шума в диодах Шоттки /Лаб/	6	2		Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4 Л1.5 Л1.6Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4Л3.1 Л3.2 Л3.3 Л3.4 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5 Э6 Э7	Отчёт о лабораторной работе. Защита лабораторной работы.
3.4	Определение параметров глубоких центров в полупроводниках /Лаб/	6	2		Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4 Л1.5 Л1.6Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4Л3.1 Л3.2 Л3.3 Л3.4 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5 Э6 Э7	Отчёт о лабораторной работе. Защита лабораторной работы.
3.5	Методы исследования энергетического спектра электронных состояний в полупроводниковых микро- и наноструктурах /Ср/	6	10		Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4 Л1.5 Л1.6Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5 Э6 Э7	Аналитический отчёт. Зачёт.
	Раздел 4. Прецизионная профилометрия поверхности и измерение геометрических размеров в структурах электроники					

4.1	Прецизионная профилометрия поверхности и измерение геометрических размеров в структурах электроники /Тема/	6	0			Аналитический отчёт. Зачёт.
4.2	Прецизионная профилометрия поверхности и измерение геометрических размеров в структурах электроники /Лек/	6	6		Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4 Л1.5 Л1.6Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5 Э6 Э7	Зачёт.
4.3	Получение изображения поверхности твердого тела на сканирующем зондовом микроскопе Nanoeducator в режиме атомно-силовой микроскопии /Лаб/	6	2		Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4 Л1.5 Л1.6Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4Л3.1 Л3.2 Л3.3 Л3.4 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5 Э6 Э7	Отчёт о лабораторной работе. Защита лабораторной работы.
4.4	Изучение эффекта туннелирования /Лаб/	6	2		Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4 Л1.5 Л1.6Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4Л3.1 Л3.2 Л3.3 Л3.4 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5 Э6 Э7	Отчёт о лабораторной работе. Защита лабораторной работы.
4.5	Прецизионная профилометрия поверхности и измерение геометрических размеров в структурах электроники /Ср/	6	10		Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4 Л1.5 Л1.6Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5 Э6 Э7	Аналитический отчёт. Зачёт.
	Раздел 5. Методы измерения состава твердых тел и концентрационных профилей по основным и примесным компонентам					
5.1	Методы измерения состава твердых тел и концентрационных профилей по основным и примесным компонентам /Тема/	6	0			Аналитический отчёт. Зачёт.
5.2	Методы измерения состава твердых тел и концентрационных профилей по основным и примесным компонентам /Лек/	6	6		Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4 Л1.5 Л1.6Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5 Э6 Э7	Зачёт.
5.3	Методы измерения состава твердых тел и концентрационных профилей по основным и примесным компонентам /Ср/	6	10		Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4 Л1.5 Л1.6Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5 Э6 Э7	Аналитический отчёт. Зачёт.
	Раздел 6. Дифракционные методы анализа кристаллической структуры					
6.1	Дифракционные методы анализа кристаллической структуры /Тема/	6	0			Аналитический отчёт. Зачёт.

6.2	Дифракционные методы анализа кристаллической структуры /Лек/	6	6		Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4 Л1.5 Л1.6Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5 Э6 Э7	Зачёт.
6.3	Дифракционные методы анализа кристаллической структуры /Ср/	6	10		Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4 Л1.5 Л1.6Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5 Э6 Э7	Аналитический отчёт. Зачёт.
	Раздел 7. Промежуточная аттестация.					
7.1	Подготовка к аттестации, иная контактная работа. /Тема/	6	0			
7.2	Подготовка к зачету. /Зачёт/	6	8,75		Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4 Л1.5 Л1.6Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5 Э6 Э7	Контрольные вопросы.
7.3	Сдача зачёта. /ИКР/	6	0,25			Контрольные вопросы.

5. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)

Оценочные материалы приведены в приложении к рабочей программе дисциплины (см. документ "Оценочные материалы по дисциплине "Методы исследования наноматериалов, микро- и наносистем").

6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

6.1. Рекомендуемая литература

6.1.1. Основная литература

№	Авторы, составители	Заглавие	Издательство, год	Количество/ название ЭБС
Л1.1	Каныгина О. Н., Четверикова А. Г., Бердинский В. Л.	Физические методы исследования веществ : учебное пособие	Оренбург: Оренбургский государствен ный университет, ЭБС АСВ, 2014, 141 с.	2227-8397, http://www.iprbookshop.ru/33663.html
Л1.2	Ярышев Н. Г., Медведев Ю. Н., Токарев М. И., Бурихина А. В., Камкин Н. Н.	Физические методы исследования и их практическое применение в химическом анализе : издание второе, переработанное и дополненное. учебное пособие	Москва: Прометей, 2015, 196 с.	978-5- 9906134-6-1, http://www.iprbookshop.ru/58227.html
Л1.3	Литвинов В.Г., Милованова О.А., Рыбин Н.Б.	Электрические методы исследования разрывов энергетических зон в полупроводниковых микро- и наногетероструктурах : учеб. пособие	Рязань, 2009, 52с.	, 1
Л1.4	Авачев А.П., Литвинов В.Г., Митрофанов К.В., Мишустин В.Г.	Зондовые методы исследования материалов и структур электроники : метод. указ. к лаб. работам	Рязань, 2011, 48с.	, 1

№	Авторы, составители	Заглавие	Издательство, год	Количество/название ЭБС
Л1.5	Литвинов В.Г., Авачев А.П., Мальченко С.И., Митрофанов К.В., Мишустин В.Г., Тимофеев В.Н.	Методы сканирующей туннельной микроскопии : метод. указ. к лаб. работам	Рязань, 2011, 64с.	, 1
Л1.6	Ищенко А. А., Лукияно А. Е.	Методы локального анализа из электронная микроскопия : Учебное пособие	Москва: РТУ МИРЭА, 2021, 49 с.	, https://e.lanbook.com/book/218654

6.1.2. Дополнительная литература

№	Авторы, составители	Заглавие	Издательство, год	Количество/название ЭБС
Л2.1	Фелдман Л., Майер Д.	Основы анализа поверхности и тонких пленок	М.: МИФ, 1989, 344с.	5-03-001017-3, 1
Л2.2	Суздалев И.П.	Нанотехнология. Физико-химия нанокластеров, наноструктур и наноматериалов	М.: КомКнига, 2006, 592с.	5-484-00243-5, 1
Л2.3	Миронов В.Л.	Основы сканирующей зондовой микроскопии : учеб. пособие для вузов	М.: Техносфера, 2005, 143с.	5-94836-034-2, 1
Л2.4	Пул. Ч.- мл., Оуэнс Ф.	Нанотехнологии : учеб. пособие	М.: Техносфера, 2009, 336с.	978-5-94836-201-4, 1

6.1.3. Методические разработки

№	Авторы, составители	Заглавие	Издательство, год	Количество/название ЭБС
Л3.1	Авачёв А., Литвинов В., Митрофанов К., Мишустин В.Г	Зондовые методы исследования материалов и структур электроники : Методические указания	Рязань: РИЦ РГРТУ, 2011,	, https://elib.rsre.ru/ebs/download/1161
Л3.2	Литвинов В.Г., Мальченко С.И., Рыбин Н.Б., Ермачихин А.В.	Методы исследования материалов и структур электроники : метод. указ. к лаб. работам	Рязань, 2012, 40 с.	, 1
Л3.3	Литвинов В.Г., Рыбин Н.Б., Рыбина Н.В., Ермачихин А.В.	Квантовая физика : метод. указ. к лаб. работам	Рязань, 2014, 24с.	, 1
Л3.4	Холомина Т.А., Евдокимова Е.Н.	Подготовка студентов к текущему и промежуточному контролю освоения компетенций : метод. указ.	Рязань, 2016, 16с.	, 1

6.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет"

Э1	Сайт кафедры микро- и нанoeлектроники РГРТУ.
Э2	Система дистанционного обучения ФГБОУ ВО «РГРТУ», режим доступа: по паролю.

Э3	Единое окно доступа к образовательным ресурсам, режим доступа: по паролю.
Э4	Интернет Университет Информационных Технологий.
Э5	Электронно-библиотечная система «IPRbooks» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: доступ из корпоративной сети РГРТУ – свободный, доступ из сети Интернет – по паролю.
Э6	Электронно-библиотечная система издательства «Лань» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: доступ из корпоративной сети РГРТУ – свободный, доступ из сети Интернет – по паролю.
Э7	Электронная библиотека РГРТУ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: из корпоративной сети РГРТУ – по паролю.
6.3 Перечень программного обеспечения и информационных справочных систем	
6.3.1 Перечень лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения, в том числе отечественного производства	
Наименование	Описание
Операционная система Windows XP	Microsoft Imagine, номер подписки 700102019, бессрочно
Операционная система MS DOS	Бессрочно. Корпоративная лицензия Microsoft Imagine Membership ID 700565239
Kaspersky Endpoint Security	Коммерческая лицензия
LibreOffice	Свободное ПО
Adobe Acrobat Reader	Свободное ПО
NI LabView	Лицензия для образовательных учреждений
MathCAD	Коммерческая лицензия
6.3.2 Перечень информационных справочных систем	
6.3.2.1	Система КонсультантПлюс http://www.consultant.ru

7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)	
1	267 учебно-административный корпус. Учебная аудитория для проведения учебных занятий лекционного и семинарского типа, практических занятий, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации Специализированная мебель. 80 мест, доска. Мультимедийное оборудование, компьютер.
2	203 учебно-административный корпус. Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа, занятий семинарского типа, практических занятий, в том числе выполнения учебных, курсовых и дипломных работ, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, для самостоятельной работы Специальная мебель (30 посадочных места), компьютер с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду РГРТУ, мультимедиа проектор, экран, доска
3	341 учебно-административный корпус. Учебная лаборатория, оснащенная лабораторным оборудованием столы лабораторные (22 шт.), доска магнитно-маркерная, экран настенный, 5 компьютеров, блок питания ВИП-01 0(3 шт.), вольтметры В7-21А (3 шт.), В7-21, В7-35 (3 шт.), осциллографы С1-64А (3 шт.), С1-75, измерители Е4-7, Е9-4
4	343 учебно-административный корпус. Учебно-вспомогательная Аудитория для хранения и ремонта оборудования 2 компьютера, принтер, сканер, 5 мест

8. МЕТОДИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)
Методическое обеспечение дисциплины приведено в приложении к рабочей программе дисциплины (см. документ "Методические указания по дисциплине "Методы исследования наноматериалов, микро- и наносистем").

Оператор ЭДО ООО "Компания "Тензор"

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ

ПОДПИСАНО
ЗАВЕДУЮЩИМ
КАФЕДРЫ**ФГБОУ ВО "РГРТУ", РГРТУ**, Литвинов Владимир
Георгиевич, Заведующий кафедрой МНЭЛ**07.07.26** 14:51 (MSK)

Простая подпись

ПОДПИСАНО
ЗАВЕДУЮЩИМ
ВЫПУСКАЮЩЕЙ
КАФЕДРЫ**ФГБОУ ВО "РГРТУ", РГРТУ**, Литвинов Владимир
Георгиевич, Заведующий кафедрой МНЭЛ**07.07.26** 14:51 (MSK)

Простая подпись