

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

Физика полупроводниковых наносистем
рабочая программа дисциплины (модуля)

Закреплена за кафедрой **Микро- и нанoeлектроники**
Учебный план 1.3.11._06_25_00.plx
1.3.11. Физика полупроводников

Форма обучения **очная**

Общая трудоемкость **3 ЗЕТ**

Распределение часов дисциплины по семестрам

Семестр (<Курс>.<Семестр на курсе>)	4 (2.2)		Итого	
Неделя	18			
Вид занятий	УП	РП	УП	РП
Лекции	18	18	18	18
Практические	18	18	18	18
Итого ауд.	36	36	36	36
Контактная работа	36	36	36	36
Сам. работа	72	72	72	72
Итого	108	108	108	108

г. Рязань

Программу составил(и):

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

Рабочая программа дисциплины

Физика полупроводниковых наносистем

разработана в соответствии с:

ФГТ к структуре программ подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре (адъюнктуре), условиям их реализации, срокам освоения этих программ с учетом различных форм обучения, образовательных технологий и особенностей отдельных категорий аспирантов (адъюнктов) (приказ Минобрнауки России от 20.10.2021 г. № 951)

составлена на основании учебного плана:

1.3.11. Физика полупроводников

утвержденного учёным советом вуза от 28.02.2025 протокол № 8.

Рабочая программа одобрена на заседании кафедры

Микро- и наноэлектроники

Протокол от 03.06.2025 г. № 8

Срок действия программы: 2025 - 2029 уч.г.

Зав. кафедрой Литвинов Владимир Георгиевич

Визирование РПД для исполнения в очередном учебном году

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для
исполнения в 2026-2027 учебном году на заседании кафедры
Микро- и наноэлектроники

Протокол от _____ 2026 г. № ____

Зав. кафедрой _____

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 наноэлектроники

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 наноэлектроники

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 наноэлектроники

Протокол от _____ 2029 г. № ____

Зав. кафедрой _____

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

1.1	Целью освоения дисциплины является формирование у аспирантов перечисленных ниже компетенций и систематических знаний в области фундаментальных теоретических принципов, определяющих особенности физических процессов и явлений в полупроводниковых наносистемах как научной основы для выполнения научно-квалификационной работы (НКР), проведения научно-исследовательской и дальнейшей профессиональной деятельности.
1.2	Задачи дисциплины:
1.3	– изучение классификации наносистем;
1.4	– изучение физических процессов в наносистемах и основных методов их исследования;
1.5	– расширение научного кругозора и эрудиции аспирантов, овладение методами теоретического описания и основными теоретическими моделями физики наносистем с четким определением границ, в пределах которых справедливы те или иные физические концепции, модели, теории;
1.6	– совершенствование навыков моделирования физических процессов в полупроводниковых наносистемах с использованием современных информационных технологий;
1.7	– применение приобретенных теоретических и практических знаний для решения конкретных задач в научно-исследовательской, а также дальнейшей профессиональной деятельности.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ) В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Цикл (раздел) ОП:	2.1.6
2.1	Требования к предварительной подготовке обучающегося:
2.2	Дисциплины (модули) и практики, для которых освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как предшествующее:

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

В результате освоения дисциплины (модуля) обучающийся должен

3.1	Знать:
3.1.1	базовые концепции и модели физики полупроводниковых наносистем, основные свойства и законы движения заряженных микрочастиц, основы физики электронных процессов в твердом теле и наносистемах.
3.2	Уметь:
3.2.1	применять на практике основные приемы и программные средства обработки и представления данных в соответствии с задачей исследования физических процессов в наносистемах, наноструктурах.
3.3	Владеть:
3.3.1	навыками экспериментального исследования параметров и характеристик полупроводниковых наноматериалов и структур с использованием современных информационно-коммуникационных технологий.

4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Код занятия	Наименование разделов и тем /вид занятия/	Семестр / Курс	Часов	Компетенции	Литература	Форма контроля
	Раздел 1. Введение. Предмет дисциплины и ее задачи. Основные цели и задачи изучения дисциплины. Современное значение физики наносистем.					
1.1	Введение. Предмет дисциплины и ее задачи. Основные цели и задачи изучения дисциплины. Современное значение физики наносистем. /Тема/	4	0			
1.2	Введение. Предмет дисциплины и ее задачи. Основные цели и задачи изучения дисциплины. Современное значение физики наносистем. /Лек/	4	2		Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5 Э6 Э7	Зачёт.
1.3	Введение. Предмет дисциплины и ее задачи. Основные цели и задачи изучения дисциплины. Современное значение физики наносистем. /Ср/	4	10		Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4Л2.1 Л2.2 Л2.3 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5 Э6 Э7	Аналитический отчет. Результаты решения контрольных задач, ответы на тестовые задания

	Раздел 2. Классификация наносистем. Методы получения атомных кластеров, квантовых точек, проволок, трубок, колодцев. Полупроводниковые наносистемы. Углеродные наносистемы. Неупорядоченные наносистемы. Спинтронные наносистемы.					
2.1	Классификация наносистем. Методы получения атомных кластеров, квантовых точек, проволок, трубок, колодцев. Полупроводниковые наносистемы. Углеродные наносистемы. Неупорядоченные наносистемы. Спинтронные наносистемы. /Тема/	4	0			
2.2	Классификация наносистем. Методы получения атомных кластеров, квантовых точек, проволок, трубок, колодцев. Полупроводниковые наносистемы. Углеродные наносистемы. Неупорядоченные наносистемы. Спинтронные наносистемы. /Лек/	4	3		Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4Л2.1 Л2.2 Л2.3 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5 Э6 Э7	Зачёт.
2.3	Классификация наносистем. Методы получения атомных кластеров, квантовых точек, проволок, трубок, колодцев. Полупроводниковые наносистемы. Углеродные наносистемы. Неупорядоченные наносистемы. Спинтронные наносистемы. /Ср/	4	10		Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4Л2.1 Л2.2 Л2.3 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5 Э6 Э7	Аналитический отчет. Результаты решения контрольных задач, ответы на тестовые задания
	Раздел 3. Квантовая механика простейших наносистем. Транспорт носителей заряда в наносистемах. Туннельный эффект в наносистемах. Кулоновская блокада туннелирования. Туннельный контакт.					
3.1	Квантовая механика простейших наносистем. Транспорт носителей заряда в наносистемах. Туннельный эффект в наносистемах. Кулоновская блокада туннелирования. Туннельный контакт. /Тема/	4	0			
3.2	Квантовая механика простейших наносистем. Транспорт носителей заряда в наносистемах. Туннельный эффект в наносистемах. Кулоновская блокада туннелирования. Туннельный контакт. /Лек/	4	3		Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4Л2.1 Л2.2 Л2.3 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5 Э6 Э7	Зачёт.
3.3	Квантовая механика простейших наносистем. Транспорт носителей заряда в наносистемах. Туннельный эффект в наносистемах. Кулоновская блокада туннелирования. Туннельный контакт. /Ср/	4	11		Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4Л2.1 Л2.2 Л2.3 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5 Э6 Э7	Аналитический отчет. Результаты решения контрольных задач, ответы на тестовые задания
3.4	Квантовая механика простейших наносистем. Транспорт носителей заряда в наносистемах. Туннельный эффект в наносистемах. Кулоновская блокада туннелирования. Туннельный контакт. /Пр/	4	9		Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4Л2.1 Л2.2 Л2.3 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5 Э6 Э7	Контрольная работа. Зачёт
	Раздел 4. Механизмы взаимодействия оптического излучения с полупроводниковыми наносистемами.					
4.1	Механизмы взаимодействия оптического излучения с полупроводниковыми наносистемами. /Тема/	4	0			

4.2	Механизмы взаимодействия оптического излучения с полупроводниковыми наносистемами. /Лек/	4	3		Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4Л2.1 Л2.2 Л2.3 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5 Э6 Э7	Зачёт.
4.3	Механизмы взаимодействия оптического излучения с полупроводниковыми наносистемами. /Ср/	4	11		Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4Л2.1 Л2.2 Л2.3 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5 Э6 Э7	Аналитический отчет. Результаты решения контрольных задач, ответы на тестовые задания
	Раздел 5. Физические эффекты в наносистемах при их взаимодействии с электрическим и магнитным полем.					
5.1	Физические эффекты в наносистемах при их взаимодействии с электрическим и магнитным полем. /Тема/	4	0			
5.2	Физические эффекты в наносистемах при их взаимодействии с электрическим и магнитным полем. /Лек/	4	3		Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4Л2.1 Л2.2 Л2.3 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5 Э6 Э7	Зачёт.
5.3	Физические эффекты в наносистемах при их взаимодействии с электрическим и магнитным полем. /Пр/	4	9		Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4Л2.1 Л2.2 Л2.3 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5 Э6 Э7	Контрольная работа. Зачёт
5.4	Физические эффекты в наносистемах при их взаимодействии с электрическим и магнитным полем. /Ср/	4	10		Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4Л2.1 Л2.2 Л2.3 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5 Э6 Э7	Аналитический отчет. Результаты решения контрольных задач, ответы на тестовые задания
	Раздел 6. Методы теоретического и экспериментального исследования наносистем. Классификация экспериментальных методов исследования структуры, химического состава, электрофизических, магнитных и оптических свойств наносистем.					
6.1	Методы теоретического и экспериментального исследования наносистем. Классификация экспериментальных методов исследования структуры, химического состава, электрофизических, магнитных и оптических свойств наносистем. /Тема/	4	0			
6.2	Методы теоретического и экспериментального исследования наносистем. Классификация экспериментальных методов исследования структуры, химического состава, электрофизических, магнитных и оптических свойств наносистем. /Лек/	4	2		Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4Л2.1 Л2.2 Л2.3 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5 Э6 Э7	Зачёт.

6.3	Методы теоретического и экспериментального исследования наносистем. Классификация экспериментальных методов исследования структуры, химического состава, электрофизических, магнитных и оптических свойств наносистем. /Ср/	4	10		Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4Л2.1 Л2.2 Л2.3 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5 Э6 Э7	Аналитический отчет. Результаты решения контрольных задач, ответы на тестовые задания
	Раздел 7. Заключение. Обобщение современных достижений и анализ проблем в области физики полупроводниковых наносистем.					
7.1	Заключение. Обобщение современных достижений и анализ проблем в области физики полупроводниковых наносистем. /Тема/	4	0			
7.2	Заключение. Обобщение современных достижений и анализ проблем в области физики полупроводниковых наносистем. /Лек/	4	2		Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4Л2.1 Л2.2 Л2.3 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5 Э6 Э7	Зачёт.
7.3	Заключение. Обобщение современных достижений и анализ проблем в области физики полупроводниковых наносистем. /Ср/	4	10		Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4Л2.1 Л2.2 Л2.3 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5 Э6 Э7	Аналитический отчет. Результаты решения контрольных задач, ответы на тестовые задания

5. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)

Оценочные материалы приведены в приложении к рабочей программе дисциплины (см. документ "Оценочные материалы по дисциплине "Физика полупроводниковых 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	Анфимов И. М., Кобелева С. П., Коновалов М. П., Осипов Ю. В., Орлова М. Н., Спицына Л. Г.	Физика твердого тела : сборник задач	Москва: Издательский Дом МИСиС, 2011, 70 с.	978-5-87623-426-1, http://www.iprbookshop.ru/56591.html
Л1.2	Разумовская И. В.	Физика твердого тела. Часть 2. Динамика кристаллической решетки. Тепловые свойства решетки	Москва: Прометей, 2011, 64 с.	978-5-4263-0032-3, http://www.iprbookshop.ru/9611.html
Л1.3	Епифанов Г.И.	Физика твердого тела : учеб. пособие	СПб.: Лань, 2011, 288с.	978-5-8114-1001-9
Л1.4	Холомина Т.А.	Электронные процессы в твердом теле : учеб. пособие	Рязань, 2017, 68с.	

6.1.2. Дополнительная литература

№	Авторы, составители	Заглавие	Издательство, год	Количество/название ЭБС
Л2.1	Суздалев И.П.	Нанотехнология.Физико-химия нанокластеров,наноструктур и наноматериалов	М.:КомКнига, 2006, 592с.	5-484-00243-5
Л2.2	Миронов В.Л.	Основы сканирующей зондовой микроскопии : учеб. пособие для вузов	М.: Техносфера, 2005, 143с.	5-94836-034-2
Л2.3	Кобаяси Н.	Введение в нанотехнологию	М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2008, 134с.	978-5-94774-841-3

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: http://cdo.rsreu.ru/
Э3	Единое окно доступа к образовательным ресурсам, режим доступа: по паролю: http://window.edu.ru/
Э4	Интернет Университет Информационных Технологий: http://www.intuit.ru/
Э5	Электронно-библиотечная система «IPRbooks» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: доступ из корпоративной сети РГРТУ – свободный, доступ из сети Интернет – по паролю: https://iprbookshop.ru/
Э6	Электронно-библиотечная система издательства «Лань» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: доступ из корпоративной сети РГРТУ – свободный, доступ из сети Интернет – по паролю: https://www.e.lanbook.com
Э7	Электронная библиотека РГРТУ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: из корпоративной сети РГРТУ – по паролю: http://elib.rsreu.ru/

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
Kaspersky Endpoint Security	Коммерческая лицензия
Adobe Acrobat Reader	Свободное ПО
LibreOffice	Свободное ПО
MathCAD	Коммерческая лицензия
SMathStudio	Свободное ПО

6.3.2 Перечень информационных справочных систем

6.3.2.1	Информационно-правовой портал ГАРАНТ.РУ http://www.garant.ru
6.3.2.2	Система КонсультантПлюс http://www.consultant.ru
6.3.2.3	Справочная правовая система «КонсультантПлюс» (договор об информационной поддержке №1342/455-100 от 28.10.2011 г.)

7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

1	42 учебно-административный корпус. Учебная лаборатория 24 места, мультимедиа проектор Ben QMP575, доска магнитно-маркерная, 3 компьютера, 3 измерительных прибора NanoEducator, устройство заточки/травления зондов, 2 спектрометра СФ-26, вольтметры В7-21А(3шт.)
---	--

8. МЕТОДИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)

Методическое обеспечение дисциплины приведено в приложении к рабочей программе дисциплины (см. документ "Методические указания дисциплины "Физика полупроводниковых наносистем"")				
ПОДПИСАНО ЗАВЕДУЮЩИМ КАФЕДРЫ	ФГБОУ ВО "РГРТУ", РГРТУ, Литвинов Владимир Георгиевич, Заведующий кафедрой МНЭЛ	11.07.25 15:17	Простая подпись	(MSK)
ПОДПИСАНО ЗАВЕДУЮЩИМ ВЫПУСКАЮЩЕЙ КАФЕДРЫ	ФГБОУ ВО "РГРТУ", РГРТУ, Литвинов Владимир Георгиевич, Заведующий кафедрой МНЭЛ	11.07.25 15:17	Простая подпись	(MSK)
ПОДПИСАНО НАЧАЛЬНИКОМ ОА	ФГБОУ ВО "РГРТУ", РГРТУ, Нефедова Елена Евгеньевна, Начальник отдела аспирантуры	14.07.25 10:22	Простая подпись	(MSK)
ПОДПИСАНО ПРОРЕКТОРОМ ПО НР И И	ФГБОУ ВО "РГРТУ", РГРТУ, Гусев Сергей Игоревич, Проректор по научной работе и инновациям	14.07.25 14:11	Простая подпись	(MSK)