

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ПОВОЛЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ



УТВЕРЖДАЮ  
Декан РТФ

УТВЕРЖДАЮ /А.Н. Дедов/  
(Ф.И.О. декана (директора института))

11.03.2024 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

Б.1.2.6 Фотовольтаика и наноплазмоника

(код и наименование дисциплины по учебному плану)

Направление подготовки  
(специальность)

11.03.04 Электроника и нанoeлектроника

Квалификация выпускника

Бакалавр

(бакалавр/магистр/специалист)

Направленность

Электронные приборы и устройства

Курс 3  
Семестр 6

**Распределение учебного времени**

Трудоемкость по учебному плану	180 / 5	часов/зачетных единиц
Лекции	32	часов
Лабораторные работы	32	часов
Практические занятия	-	часов
Иная контактная работа	-	часов
Всего контактной работы (без учета экз.)	64	часов
Контактная работа по экзамену	6	часов
Курсовой проект (работа)	-	семестр
Самостоятельная работа обучающихся (без учета экз.)	80	часов
Самостоятельная работа по подготовке к экзамену	30	часов
Экзамен	6	семестр
Зачет	-	семестр
БРК, ДЗ	-	семестр

(год)

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО направления подготовки (специальности) 11.03.04 Электроника и нанoeлектроника

Программу составили:

доцент с ученой степенью кандидата наук	КиПР	СОГЛАСОВАНО	Д.Е. Шашин
(должность)	(кафедра)		(И.О. Фамилия)

РАССМОТРЕНА и ОДОБРЕНА на заседании кафедры, за которой закреплена дисциплина  
Кафедра конструирования и производства радиоаппаратуры

(наименование кафедры)		
15.01.2024	протокол №	12
(дата)		
Заведующий кафедрой	СОГЛАСОВАНО	Н.И. Сушенцов
		(И.О. Фамилия)

Рабочая программа СОГЛАСОВАНА с факультетом (институтом), выпускающей(ими)  
кафедрой(ами).  
СООТВЕТСТВУЕТ действующей ОП.

Заведующий кафедрой	СОГЛАСОВАНО	Н.И. Сушенцов
		(И.О. Фамилия)

Председатель методической комиссии факультета (института), в который входит  
выпускающая кафедра

СОГЛАСОВАНО	А.Н. Дедов
	(И.О. Фамилия)

Эксперт(ы): Лапин Владимир Авангардович, директор ООО "НПФ Мета-Хром"

Рабочая программа проверена и зарегистрирована в УМЦ 12.03.2024 г.  
Специалист учебно-методического центра СОГЛАСОВАНО /Т.А. Смирнова/

## Раздел 1. ЦЕЛЬ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью освоения дисциплины является достижение планируемых результатов обучения, соответствующих установленным в ОПОП индикаторам достижения компетенций:

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Результаты обучения
1. ПК-1 Способен строить простейшие физические и математические модели приборов, схем, устройств и установок электроники и наноэлектроники и различного функционального назначения, а также использовать стандартные программные средства их компьютерного моделирования	ПК-1.1. Знает принципы математического моделирования электронных приборов и устройств различного функционального назначения, стандартные методики планирования и проведения экспериментов.	<b>знания:</b> Знать методики построения математических моделей <b>умения:</b> <b>навыки:</b>
	ПК-1.2. Умеет строить физические и математические модели моделей, узлов, блоков.	<b>знания:</b> <b>умения:</b> Уметь строить физические и математические модели моделей, узлов, блоков. <b>навыки:</b>
	ПК-1.3. Владеет навыками компьютерного моделирования.	<b>знания:</b> <b>умения:</b> <b>навыки:</b> Владеть навыками компьютерного моделирования.

## Раздел 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП

Дисциплина относится к части, формируемой участниками образовательных отношений ОПОП.

Дисциплина является обязательной

Для продолжения формирования заявленных компетенций необходимы знания предшествующих практик: Производственная практика. Технологическая (проектно-технологическая) практика (рассредоточенная) (ПК-1)

Изучаемая дисциплина является основой для продолжения формирования указанных компетенций в следующих дисциплинах: Наноэлектроника (ПК-1); государственной итоговой аттестации в форме: Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы (ПК-1)

## Раздел 3. ОПИСАНИЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Для формирования заявленных компетенций используются методологические технологии, реализующие деятельностный, личностно-ориентированный, практико-ориентированный подходы.

Основными стратегическими технологиями являются: лекционные занятия, практические занятия

На достижение конкретных целей обучения направлены применяемые тактические технологии: задания, классическая лекция

#### Раздел 4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

##### 6 семестр

Виды и темы занятий	Количество часов	Формируемые компетенции
<b>Фотовольтаика и наноплазмоника</b>	<b>144</b>	ПК-1
Лабораторная работа. Исследование выходных параметров фотоэлектрического преобразователя при различных значениях нагрузки.	4	
Лабораторная работа. Исследование зависимости тока короткого замыкания от интенсивности падающего оптического излучения для фотоэлектрического преобразователя	5	
Лабораторная работа. Исследование напряжения холостого хода фотоэлектрического преобразователя при различных углах наклона относительно источника излучения	5	
Лабораторная работа. Исследование режимов работы фотоэлектрической системы	5	
Лабораторная работа. Исследование изменения мощности фотоэлектрического преобразователя при различных значениях рабочей температуры	5	
Лабораторная работа. Изготовление фотоэлектрических преобразователей на стеклянной подложке	8	
Лекция. Фотоэффект. Три закона фотоэффекта.	4	
Лекция. Вентильный фотоэффект. Структуры на которых возможно наблюдение вентильного фотоэффекта.	4	
Лекция. Преобразование электромагнитного излучения оптического диапазона в фотоэдс.	2	
Лекция. Кремний. Основные материалы для производства фотоэлектрических преобразователей.	4	
Лекция. Спектральные и вольт-амперные характеристики солнечных модулей. Методы измерения параметров солнечных модулей	2	
Лекция. Виды технологического оборудования для производства солнечных модулей на основе кремния и основные принципы его технического обслуживания	4	
Лекция. Строение и свойства кристаллических и аморфных полупроводников.	4	
Лекция. Спектральный отклик и фототок. Экспериментальные характеристики и методы расчета	4	
Лекция. Влияние температуры и радиации на параметры фотоэлектрических преобразователей	4	
Задания для самостоятельной работы, в том числе выполнение Самостоятельная работа включает в себя подготовку отчетов по практическим работам, подготовку к опросам на занятиях, проработку теоритической части лабораторных работ.	80	
Иная контактная работа:	0	
Подготовка к экзамену	30	
Проведение экзамена	6	

## Раздел 5. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

Изучение дисциплины **Б.1.2.6 Фотовольтаика и наноплазмоника** рекомендуется начать с ознакомления с рабочей программой, ее структурой и содержанием разделов. Учебный материал структурирован, изучение дисциплины осуществляется в тематической последовательности.

**Занятия лекционного типа** дают систематизированные знания по дисциплине, концентрируют внимание на наиболее сложных и важных вопросах. Во время лекционных занятий рекомендуется вести конспектирование учебного материала; обращать внимание на формулировки и категории, раскрывающие суть проблемы, явления или процесса; зафиксировать выводы и практические рекомендации.

Подготовка к занятиям **семинарского типа** включает ознакомление с планом **лабораторного** занятия; работу с конспектом лекций, выполнение домашнего задания, работу с учебной и учебно-методической литературой, научными изданиями и электронными образовательными ресурсами, рекомендованными рабочей программой дисциплины **Б.1.2.6**

**Фотовольтаика и наноплазмоника**.

Содержание **самостоятельной работы** определяется рабочей программой дисциплины, оценочными и методическими материалами, заданиями и указаниями преподавателя. Самостоятельная работа может осуществляться в аудиторной и внеаудиторной формах. Эффективным средством осуществления самостоятельной работы является электронная информационно-образовательная среда университета, которая обеспечивает доступ к образовательной программе, рабочей программе дисциплины, к электронным библиотечным системам, профессиональным базам данных и информационным справочным системам.

Изучение дисциплины **Б.1.2.6 Фотовольтаика и наноплазмоника** включает выполнение **лабораторных работ**.

Периодичность проведения, формы текущего контроля успеваемости, система оценивания хода освоения дисциплин представлены в рабочей программе. Формой промежуточной аттестации по дисциплине **Б.1.2.6 Фотовольтаика и наноплазмоника** является **экзамен**.

## Раздел 6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ И УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 6.1. Учебно-методическое обеспечение

№№ п/п	Список используемой литературы	Количество экземпляров печатных изданий, имеющих в библиотеке, или электронный адрес издания (ресурса) в сети Интернет
<b>УЧЕБНЫЕ, УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ И НАУЧНЫЕ ИЗДАНИЯ</b>		
1.	Шашин, Дмитрий Евгеньевич. Технологии изготовления и измерения оптических характеристик тонких пленок для применения в приборостроении [Текст] : лабораторный практикум по направлениям подготовки 11.04.04 "Электроника и наноэлектроника", 12.03.01 "Приборостроение", 21.10.00 "Конструирование и технология электронных средств", 12.03.04 "Биотехнические системы и технологии", 11.04.01 "Радиотехника", 27.03.04 "Управление в технических системах" / Д. Е. Шашин; Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, ФГБОУ ВО	7 / <a href="https://portal.volgatech.net/books/Shashin_Tekhnologii_izgotovleniya_i_izmereniye_opticheskikh_kharakteristik_tonkikh_plenok_dlya_primeneniy_a_v_priborostroyenii_2022.pdf">https://portal.volgatech.net/books/Shashin_Tekhnologii_izgotovleniya_i_izmereniye_opticheskikh_kharakteristik_tonkikh_plenok_dlya_primeneniy_a_v_priborostroyenii_2022.pdf</a>

	"Поволжский государственный технологический университет". Йошкар-Ола: ПГТУ, 2022. - 82 с. ISBN 978-5-8158-2289-4. Экземпляры: всего 7.	
2.	Шашин, Дмитрий Евгеньевич. Вакуумные тонкопленочные технологии в приборостроении [Текст] : лабораторный практикум по направлениям подготовки 11.04.04 "Электроника и нанoeлектроника", 12.03.01 "Приборостроение", 11.03.03 "Конструирование и технология электронных средств", 12.03.04 "Биотехнические системы и технологии", 11.04.01 "Радиотехника", 27.03.04 "Управление в технических системах" / Д. Е. Шашин; Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, ФГБОУ ВО "Поволжский государственный технологический университет". Йошкар-Ола: ПГТУ, 2022. - 82 с. ISBN 978-5-8158-2314-3. Экземпляры: всего 5.	5 / <a href="https://portal.volgatech.net/books/Shashin_Vakuumnyye_tonkoplenochnyye_tekhnologii_v_priborostroyenii_2022.pdf">https://portal.volgatech.net/books/Shashin_Vakuumnyye_tonkoplenochnyye_tekhnologii_v_priborostroyenii_2022.pdf</a>
3.	Леухин, Владимир Николаевич. Материалы в конструкциях и технологии электронных средств [Текст] : учеб. пособие / В. Н. Леухин, Е. В. Михеева. Йошкар-Ола: МарГТУ, 2009. - 163 с. ISBN 978-5-8158-0684-9. Экземпляры: всего 149.	149 / <a href="https://portal.volgatech.net/books/Leuxin,Mixeeva_-_kniga1.pdf">https://portal.volgatech.net/books/Leuxin,Mixeeva_-_kniga1.pdf</a>
4.	Солнечная энергетика [Текст] : [учеб. пособие для студентов вузов по направлению "Электроэнергетика"] / В. И. Виссарионов [и др.] ; под ред. В. И. Виссарионова. 2-е изд., стер. М.: МЭИ, 2011. - 276 с. ISBN 978-5-383-00608-5. Экземпляры: всего 25.	25
ЭЛЕКТРОННЫЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ РЕСУРСЫ		
1.	Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU	<a href="http://elibrary.ru">http://elibrary.ru</a>
2.	Научная электронная библиотека «Киберленинка»	<a href="http://cyberleninka.ru">http://cyberleninka.ru</a>
ПРОФЕССИОНАЛЬНЫЕ БАЗЫ ДАННЫХ И ИНФОРМАЦИОННЫЕ СПРАВОЧНЫЕ СИСТЕМЫ		
1.	Справочно-правовая система Консультант+	<a href="http://www.consultant.ru">http://www.consultant.ru</a>
2.	Информационно-правовой портал Гарант	<a href="http://www.garant.ru">http://www.garant.ru</a>
3.	Профессиональные справочные системы Техэксперт	<a href="http://www.cntd.ru">http://www.cntd.ru</a>

## 6.2. Материально-техническая база и программное обеспечение

№№ п/п	Аудитории для проведения учебных занятий, самостоятельной работы и проведения государственной итоговой аттестации	Перечень основного оборудования	Программное обеспечение
1.	420а (III)	ИЗМЕРИТ ДОБРОТНОСТИ (1), ПРИБОР А2Х Х1-42 (1), Радиоизмерительный прибор - измеритель иммитанса Е7-20 (3), Комплект учебной мебели (1)	Microsoft Windows Enterprise, Справочная правовая система "Консультант Плюс", Microsoft Office Standard, Агент Dr.Web, Комплект ГАРАНТ-Мастер, Microsoft Access, Microsoft Visio

		Professional, Microsoft Project Professional, Microsoft Visual Studio Enterprise, Комплект ПО для решения основных пользовательских задач
--	--	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

## Раздел 7. ФОРМЫ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ/ ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

Критерии оценивания индикаторов достижения компетенций направлены на:

- усвоение теоретического материала (объем знаний, глубина усвоения), предусмотренного рабочей программой;
- умение излагать материал (четкость, грамотность изложения материала, точность и полнота воспроизведения учебного материала);
- умение применять теоретические знания при решении практических заданий.

Шкала оценивания представлена ниже.

Уровень сформированности элементов компетенции	Критерии оценивания	Шкала оценивания
Пороговый уровень	Обучающийся имеет знания основного материала, проявляет умение логично его излагать, но может допускать неточности в изложении материала, недостаточно правильные формулировки, испытывает затруднения в выполнении практических заданий.	удовлетворительно
Продвинутый уровень	Обучающийся твердо знает программный материал, излагает его грамотно и по существу, не допускает существенных неточностей в ответе на вопрос, правильно применяет теоретические положения при решении практических вопросов и задач, владеет необходимыми навыками и приемами их выполнения	хорошо
Высокий уровень	Обучающийся глубоко и прочно усвоил программный материал, грамотно и логически стройно его излагает, дает исчерпывающие ответы на поставленные вопросы. В ответе тесно увязывается теория с практикой, при этом обучающийся не затрудняется с ответом при видоизменении задания, свободно справляется с задачами, вопросами и другими видами применения знаний, показывает знакомство с монографической литературой, периодическими изданиями, правильно обосновывает принятые решения, свободно владеет разносторонними навыками, приемами выполнения практических работ	отлично

### 7.1. Текущий контроль успеваемости

Текущий контроль успеваемости обеспечивает оценивание хода освоения дисциплины (модуля) и производится с применением технологии рейтингового контроля в соответствии с технологической картой дисциплины. Порядок составления технологической карты и алгоритм проведения процедуры оценивания видов деятельности обучающихся, направленных на освоение знаний, умений, навыков и/или опыта деятельности, по накопительной системе в баллах устанавливается положением о системе РИТМ в ФГБОУ

## 7.2. Промежуточная аттестация обучающихся

Промежуточная аттестация обучающихся направлена на оценивание результатов обучения по дисциплине (модулю) и проводится с использованием фондов оценочных средств.

Примеры типовых контрольных заданий из базы фонда оценочных средств по образовательной программе.

- 1) Собрать и исследовать режимы работы фотоэлектрической станции.
- 2) Измерить ток короткого замыкания фотоэлектрического элемента при изменении интенсивности падающего оптического излучения.
- 3) Измерить напряжение холостого хода при изменении интенсивности падающего оптического излучения.
- 4) Рассчитать точку максимальной мощности различных типов фотоэлектрических преобразователей.
- 5) Подключить контроллер заряда-разряда в фотоэлектрическую систему.
- 6) Подключить инвертор электрического питания в автономную фотоэлектрическую систему и запитать от него нагрузку, рассчитанную на напряжение 220 В.

### Перечень вопросов для проведения промежуточной аттестации

- 1) Классификация фотоэлектрических преобразователей энергии. Монокристаллические, поликристаллические и аморфные фотоэлектрические преобразователи.
- 2) Основные элементы фотоэлектрических систем. Виды фотоэлектрических систем и их принципиальные схемы.
- 3) Основные параметры фотоэлектрических преобразователей (мощность, КПД, температурный коэффициент, темновой ток, материалы).
- 4) Факторы, определяющие КПД фотоэлектрического преобразователя. Способы и технологии увеличения КПД.
- 5) Эквивалентная схема и вольтамперная характеристика реального фотоэлектрического преобразователя.
- 6) Влияние температуры на параметры солнечных элементов. График зависимости выходной мощности от температуры для фотоэлектрического преобразователя.
- 7) Параллельное и последовательное соединение фотоэлектрических элементов. Схемы соединения и вольтамперные характеристики.
- 8) Фотоэффект и его физический смысл.
- 9) Три закона фотоэффекта.
- 10) Определение вентильного фотоэффекта. Структуры, на которых возможно наблюдение вентильного фотоэффекта. Применение таких структур.
- 11) Условия испытания солнечных элементов. Стандартные (STC) и реальные (PTS) условия испытаний.
- 12) Основные и перспективные материалы для изготовления фотоэлектрических преобразователей.
- 13) Напряжение холостого хода и ток короткого замыкания солнечных элементов. Физический смысл

и осуществление измерений.

14) Назначение и использование инверторов для фотоэлектрических систем. Функциональная схема инвертора.

15) Назначение и использование контроллеров заряда-разряда для фотоэлектрических систем. Классификация контроллеров заряда-разряда. Схема подключения.

16) Основные режимы работы фотоэлектрических преобразователей с аккумуляторами электрической энергии.

17) Основные технологии получения поли и монокристаллического кремния.