

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Беспалов Владимир Александрович  
Должность: Ректор МИЭТ  
Дата подписания: 04.09.2025 11:05:09  
Уникальный программный ключ:  
ef5a4fe6ed0ffdf3f1a49d6ad1b49464dc1bf7354f736

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования  
«Национальный исследовательский университет  
«Московский институт электронной техники»

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной работе  
И.Г.Игнатова  
«2» сентября 2020 г.  
М.П.



## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

«Физика и технология фотоэлектрических преобразователей энергии»

Направление подготовки – 28.04.03 «Нanomатериалы»  
Направленность (профиль) - «Инженерия наноматериалов для сенсорики»

Москва 2020

## 1. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ

Дисциплина участвует в формировании следующих компетенций образовательных программ:

**Компетенция ПК-1** «Способен проводить экспериментальные исследования, участвовать в разработке современных технологических маршрутов и процессов по производству изделий сенсорики» сформулирована на основе профессионального стандарта **40.006** «Специалист по организации и управлению научно-исследовательскими и опытно-конструкторскими работами»

**Обобщенная трудовая функция С[7]** Осуществление технического руководства проектно-исследовательскими работами при проектировании объектов, ввод в действие и освоение проектных мощностей

**Трудовая функция - С/01.7** Организация выполнения научно-исследовательских работ в соответствии с тематическим планом отдела (отделения)

Подкомпетенции, формируемые в дисциплине	Задачи профессиональной деятельности	Индикаторы достижения подкомпетенций
ПК-1. ФТФПЭС способен понимать основные проблемы и современные тенденции в области фотоэлектрических преобразователей энергии	– Исследование свойств наноматериалов и изделий на их основе с помощью современных методов анализа – Поиск и анализ научной и технической информации в области нанотехнологий и смежных дисциплин для научной и патентной поддержки проводимых исследований	<b>Знание</b> основных видов полупроводниковых преобразователей энергии, современные представления наук о материалах при анализе влияния микро- и нано- масштаба на механические, физические, поверхностные и другие свойства материалов, особенности взаимодействия материалов с окружающей средой, электромагнитным излучением и потоками. <b>Умение</b> обеспечивать технологическую и конструктивную реализацию нетрадиционных возобновляемых источников энергии. <b>Имеет опыт</b> проведения исследований фотоэлектрических преобразователей энергии с применением современных средств и методов.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Дисциплина входит в часть, формируемую участниками образовательных отношений Блока 1 «Дисциплины (модули)» образовательной программы.

**Входные требования к дисциплине.**

Изучение дисциплины направлено на формирование профессиональных компетенций.

Изучение модуля «Физика и технология фотоэлектрических преобразователей энергии» базируется на знаниях, полученных студентами при изучении дисциплин бакалавриата – «Физика», «Химия», «Физическая химия», «Материалы электронной техники», «Общее материаловедение», «Технологии наноматериалов».

Формируемые в процессе изучения модуля компетенции в дальнейшем углубляются выполнением индивидуальных заданий НИР и практики и служат основой для выполнения выпускной квалификационной работы (ВКР).

### 3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ

Курс	Семестр	Общая трудоёмкость (ЗЕ)	Общая трудоёмкость (часы)	Контактная работа			Самостоятельная работа (часы)	Промежуточная аттестация
				Лекции (часы)	Лабораторные работы (часы)	Практические занятия (часы)		
2	3	3	108	16	-	32	60	Зач

### 4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

№ и наименование модуля	Контактная работа			Самостоятельная работа	Формы текущего контроля
	Лекции (часы)	Лабораторные работы (часы)	Практические занятия (часы)		
1. Физические процессы и явления, лежащие в основе фото-электрического преобразования энергии.	-	-	16	20	Выполнение ИЗ Тест Посещаемость
2. Принципы работы, структура и классификация фото-электрических преобразователей энергии.	8	-	8	20	Выполнение ИЗ Тест Посещаемость
3. Технология фотоэлектрических преобразователей энергии.	8	-	8	20	Выполнение ИЗ Тест Посещаемость

#### 4.1. Лекционные занятия

№ модуля дисциплины	№ лекции	Объем занятий (часы)	Краткое содержание
2	1	2	Классификация фотоэлектрических систем. Структура простейшего солнечного элемента.
	2	2	Основные элементы фотовольтаических систем преобразования солнечной энергии. Применение фотоэлектрических преобразователей энергии.
	3	2	Эквивалентная схема и вольт-амперная характеристика идеального солнечного элемента под освещением. Основные параметры солнечного элемента.
	4	2	ВАХ реального солнечного элемента и влияние на нее различных факторов.
3	5	2	Факторы, определяющие КПД солнечного элемента.
	6	2	Технология СЭ на основе монокристаллического Si.
	7	2	Технология СЭ на основе поликристаллического Si.
	8	2	Солнечные элементы на основе монокристаллических соединений $A^{III}B^V$ .

#### 4.2. Практические занятия

№ модуля дисциплины	№ практического занятия	Объем занятий (часы)	Наименование занятия
1	1	2	Солнечное излучение. Взаимодействие солнечного излучения с атмосферой.
	2	2	Взаимодействие излучения с полупроводником. Отражение излучения от поверхности полупроводника.
	3	2	Оптическое поглощение в полупроводниках. Коэффициент поглощения.
	4	2	Оптическое поглощение в полупроводниках. Механизмы оптического поглощения.
	5	2	Световая генерация неравновесных носителей заряда.
	6	2	Рекомбинация носителей заряда.
	7	2	Фотоэлектрические явления в полупроводниках.
	8	2	Фотоэлектрические явления в полупроводниках (продолжение).
2	9	2	Расчет фототока, генерируемого в солнечном элементе.
	10	2	Принцип действия СЭ. Ограничение Шокли-Квиссера.
	11	2	Солнечные элементы с гетеропереходом.
	12	2	Солнечные элементы с концентраторами солнечного излучения.
3	13	2	Формирование электрических контактов СЭ. Уменьшение потерь на

№ модуля дисциплины	№ практического занятия	Объем занятий (часы)	Наименование занятия
			отражение и пропускание.
	14	2	Технология СЭ на основе тонких слоев кристаллического Si.
	15	2	Технология СЭ на основе аморфного гидрогенизированного и микрокристаллического Si.
	16	2	Технология СЭ на основе CdTe. Технология СЭ на основе CIS и SIGS.

#### 4.3. Лабораторные занятия

*Не предусмотрено.*

#### 4.4. Самостоятельная работа студентов

№ модуля дисциплины	Объем занятий (часы)	Вид СРС
1-3	8	Изучение теоретического материала по теме лекций
1-3	16	Подготовка к практическим занятиям
1-3	10	Подготовка к тестированию по модулям
1-3	26	Подготовка индивидуального задания

#### 4.5. Примерная тематика курсовых работ (проектов)

*Не предусмотрены*

### 5. ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

Учебно-методическое обеспечение для самостоятельной работы студентов в составе УМК дисциплины (ОРИОКС, <http://orioks.miet.ru/>):

**Модуль 1 «Физические процессы и явления, лежащие в основе фото-электрического преобразования энергии»**

- ✓ Изучение теоретического материала, подготовка к практическим занятиям, подготовка к тестированию, подготовка индивидуального задания, изучение материалов для самостоятельной работы студентов.

**Модуль 2 «Принципы работы, структура и классификация фото-электрических преобразователей энергии»**

- ✓ Изучение теоретического материала, подготовка к практическим занятиям, подготовка к тестированию, подготовка индивидуального задания, изучение материалов для самостоятельной работы студентов.

**Модуль 3 «Технология фотоэлектрических преобразователей энергии»**

- ✓ Изучение теоретического материала, подготовка к практическим занятиям, подготовка к тестированию, подготовка индивидуального задания, изучение материалов для самостоятельной работы студентов.

## 6. ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

### Литература

1. Кашкаров А.П. Ветрогенераторы, солнечные батареи и другие полезные конструкции / А. П. Кашкаров. - М.: ДМК Пресс, 2011. - 144 с. - Текст: электронный // Лань [сайт]. — URL: <https://e.lanbook.com/book/905> (дата обращения: 15.09.2020).
2. Фролов Ю.М. Основы электроснабжения: Учеб. пособие / Ю. М. Фролов, В. П. Шелякин. - СПб.: Лань, 2012. - 480 с. - Текст: электронный // Лань [сайт]. — URL: <https://e.lanbook.com/book/4544> (дата обращения: 10.09.2020).
3. Раков Э. Г. Неорганические наноматериалы : Учеб. пособие / Э. Г. Раков. - 2-е изд., электронное. - М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2015. - 480 с. - (Нанотехнологии). - Текст: электронный // Лань [сайт]. — URL: <https://e.lanbook.com/book/70727> (дата обращения: 12.09.2020).
4. Шерченков А.А. Физика и технология полупроводниковых преобразователей энергии: Учеб. пособие. Ч. 1 / А. А. Шерченков, Ю. И. Штерн. - М.: МИЭТ, 2006. - 164 с.
5. Шерченков А.А. Физика и технология полупроводниковых преобразователей энергии: Учеб. пособие. Ч. 2 / А. А. Шерченков, Б. Г. Будагян. - М.: МИЭТ, 2007. - 280 с.
6. Будагян Б. Г. Материалы электронной техники: Лабораторный практикум: В 2-х ч. Ч. 1 / Б. Г. Будагян, А. А. Шерченков. - М.: МИЭТ, 2001. - 56 с.
7. Шерченков А.А. Материалы электронной техники : Лабораторный практикум: В 3-х ч. Ч. 3 / А. А. Шерченков, Ю. И. Штерн. - М.: МИЭТ, 2004. - 88 с.
8. Пасынков В.В. Материалы электронной техники [Текст] / В. В. Пасынков, В. С. Сорокин. - 2-е изд., перераб. и доп. - М.: Высшая школа, 1986. - 367 с.
9. Будагян Б.Г. Материалы электронной техники : Учеб. пособие / Б. Г. Будагян, Ю. И. Штерн, А. А. Шерченков. - М.: МИЭТ, 1997. - 140 с.
10. Айвазов А.А. Аморфный гидрогенизированный кремний и приборы на его основе : Учеб. пособие / А. А. Айвазов, Б. Г. Будагян. - М.: МИЭТ, 1996. - 72 с.
11. Лабейш В.Г. Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии : Учеб. пособие / В. Г. Лабейш. - СПб.: СЗТУ, 2003. - 79 с. - Текст: электронный // Единое окно доступа к информационным ресурсам [сайт]. — URL: <http://window.edu.ru/resource/928/24928> (дата обращения: 31.08.2020).

## 7. ПЕРЕЧЕНЬ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ БАЗ ДАННЫХ, ИНФОРМАЦИОННЫХ СПРАВОЧНЫХ СИСТЕМ

1. **eLIBRARY.RU: Научная электронная библиотека:** сайт. - Москва, 2000. - URL: <https://elibrary.ru> (дата обращения: 08.09.2019). - Режим доступа: для зарегистрир. пользователей.

2. **Лань: электронно-библиотечная система.** – Санкт-Петербург, 2011. – URL: <https://e.lanbook.com/> (дата обращения: 21.09.2020). – Режим доступа: для авториз. пользователей МИЭТ.
3. **Единое окно доступа к информационным ресурсам:** сайт / ФГАУ ГНИИ ИТТ "Информика". – Москва, 2005-2010. - URL: <http://window.edu.ru/catalog/> (дата обращения: 28.08.2020).
4. **Российская государственная библиотека:** сайт. – Москва, 1999-2020. – URL: <http://www.rsl.ru> (дата обращения: 10.09.2020).
5. **GoogleScholar:** сайт. – США, 2004: - URL: <https://scholar.google.ru>. – (дата обращения: 10.09.2020). – Режим доступа: свободный.
6. **База American Chemical Society (ACS):** Некоммерческое научное издательство : сайт. – Американское химическое общество, 2021. – URL: <http://pubs.acs.org> (дата обращения: 11.09.2020). – Режим доступа: для авторизованных пользователей МИЭТ.
7. **Electrochemical Society:** сайт / Научное издательство IOP Publishing, 2021. – URL: <https://iopscience.iop.org/partner/ecs> (дата обращения: 29.09.2020). - Режим доступа: для авторизованных пользователей МИЭТ
8. **Springer:** сайт. – URL: <http://link.springer.com> (дата обращения: 29.09.2020). - Режим доступа: для авторизованных пользователей МИЭТ.
9. **SCOPUS: Библиографическая и реферативная база данных научной периодики:** сайт. – URL: [www.scopus.com/](http://www.scopus.com/) (дата обращения: 20.09.2020). - Режим доступа: для авторизованных пользователей МИЭТ.
10. **Наукометрическая база данных Web of Science:** сайт. – Компания Clarivate, 2021. – URL: <http://apps.webofknowledge.com> (дата обращения: 29.09.2020). - Режим доступа: для авторизованных пользователей МИЭТ.

## 8. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

В ходе реализации обучения используется **смешанное обучение** (основано на интеграции технологий традиционного и электронного обучения, замещении части традиционных учебных форм занятий формами и видами взаимодействия в электронной образовательной среде).

Обучение может реализовываться в полном объеме с применением электронного обучения и дистанционных образовательных технологий.

Освоение образовательной программы обеспечивается ресурсами электронной информационно-образовательной среды ОРИОКС.

Для взаимодействия студентов с преподавателем используются сервисы обратной связи: раздел ОРИОС «Домашние задания», электронная почта и т.д.

В процессе обучения при проведении занятий и для самостоятельной работы используются **внутренние электронные ресурсы** в формах видеолекций, тестирования в ОРИОКС и ZOOM.

## 9. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Наименование учебных аудиторий и помещений для самостоятельной работы	Оснащенность учебных аудиторий и помещений для самостоятельной работы	Перечень программного обеспечения
Учебная аудитория	Мультимедийное оборудование	Операционная система Microsoft Windows от 7 версии и выше, Microsoft Office Professional Plus или Open Office, браузер (Firefox, Google Chrome); Acrobat reader DC
Помещение для самостоятельной работы	Помещение, оснащенное компьютерной техникой, с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду МИЭТ	Операционная система Microsoft Windows от 7 версии и выше, Microsoft Office Professional Plus или Open Office, браузер (Firefox, Google Chrome); Acrobat reader DC

## 10. ФОНДЫ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕРКИ СФОРМИРОВАННОСТИ КОМПЕТЕНЦИЙ/ПОДКОМПЕТЕНЦИЙ

1. ФОС по подкомпетенции **ПК-1.ФТФПЭ** «Способен понимать основные проблемы и современные тенденции в области фотоэлектрических преобразователей энергии».

Фонды оценочных средств представлены отдельными документами и размещены в составе УМК дисциплины электронной информационной образовательной среды ОРИОКС// URL: <http://orioks.miet.ru/>.

## 11. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

### 11.1. Особенности организации процесса обучения

Все содержание дисциплины разбито на 3 модуля. Каждый модуль является логически завершенной частью курса. Успешность освоения каждого модуля оценивается по результатам выполнения обязательных контрольных мероприятий.

Модуль 1 знакомит студентов с физическими процессами и явлениями, лежащими в основе фотоэлектрического преобразования энергии. Модуль 2 дает студентам сведения о принципах работы, структуре и классификации фотоэлектрических преобразователей энергии. Модуль 3 знакомит студентов с технологией фотоэлектрических преобразователей энергии.

Освоение модуля 2 и 3 должно быть после освоения модуля 1, освоение модулей 2 и 3 может идти параллельно.

В рамках рассматриваемого курса предусмотрены следующие формы учебных занятий:



• **лекции**, цель которых состоит в ознакомлении с классификацией нетрадиционным и возобновляемым источникам энергии, основами использования различных видов нетрадиционных возобновляемых источников энергии.

• **практические занятия**, цель проведения которых – углубленное изучение термоэлектрических явлений, классификации и требований к термоэлектрическим материалам;

• **внеаудиторная самостоятельная работа**, цель которой – закрепление полученных знаний, подготовка к практическим (лабораторным) занятиям, приобретение опыта самостоятельной работы с различными источниками информации. Самостоятельная работа студентов планируется по каждой из тем лекционного курса.

Студенты должны осуществить поиск дополнительной информации по темам семинаров в научных источниках (рекомендованных ПБД и ИСС) с последующим обсуждением результатов поиска с преподавателем и одногруппниками.

Выполнение индивидуального задания на СРС предполагает формирование у обучающихся подкомпетенций по индикаторам умений и приобретения опыта деятельности. Оно включает в себя изучение современных методов для исследований параметров исследования параметров возобновляемых источников энергии.

Контроль выполнения студентами индивидуального задания проводится на практических занятиях. Студенты выступают с докладом на семинаре, излагая содержание проделанной работы, анализируя различные аспекты освещаемой проблемы, происходит обсуждение информации в формате научной дискуссии.

Оцениваться будет не только качество выполнения научного исследования и доклада, но и активное участие в обсуждении тем, представленных одногруппниками.

## 11.2. Система контроля и оценивания

Для оценки успеваемости студентов по дисциплине используется балльная накопительная система.

Баллами оцениваются: выполнение каждого контрольного мероприятия в семестре и итоговая аттестация (в сумме - 100 баллов).

Структура и график контрольных мероприятий доступны в ОРИОКС// URL: <http://orioks.miet.ru/>.

При выставлении итоговой оценки используется шкала, приведенная в таблице:

Сумма баллов	Оценка
Менее 50	2
50 – 69	3
70 – 85	4
86 – 100	5

### РАЗРАБОТЧИКИ:

Профессор Института ПМТ, д.т.н., профессор  /А.А. Шерченков/

Рабочая программа дисциплины «Физика и технология фотоэлектрических преобразователей энергии» по направлению подготовки 28.04.03 «Наноматериалы», направленности (профилю) «Инженерия наноматериалов для сенсорики» разработана в Институте перспективных материалов и технологий и утверждена на заседании Ученого совета Института 30 сентября 2020 года, протокол № 39

Зам. директора Института ПМТ \_\_\_\_\_ /А.В.Железнякова/

### ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

Рабочая программа согласована с Центром подготовки к аккредитации и независимой оценки качества

Начальник АНОК

\_\_\_\_\_ /И.М. Никулина /

Рабочая программа согласована с библиотекой МИЭТ

Директор библиотеки

\_\_\_\_\_ /Т.П. Филиппова/