

Министерство науки и высшего образования  
Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего образования  
«Донецкий государственный университет»

Физико-технический факультет  
Кафедра теоретической физики и нанотехнологий

УТВЕРЖДАЮ  
проректор

\_\_\_\_\_ П. А. Машаров  
«17» апреля 2025 г.  
МП

## **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

### **КВАНТОВАЯ И ОПТИЧЕСКАЯ ЭЛЕКТРОНИКА**

Укрупненная группа направлений подготовки	28.00.00 Нанотехнологии и наноматериалы
Программа высшего образования	Программа бакалавриата
Направление подготовки	28.03.03 Наноматериалы
Направленность (профиль) образовательной программы	Наноматериалы
Квалификация	Бакалавр
Форма обучения	Очная

Рабочая программа может быть адаптирована для лиц  
с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Донецк 2025

Рабочая программа дисциплины **«Квантовая и оптическая электроника»** для обучающихся по направлению подготовки 28.03.03 Наноматериалы (Профиль: Наноматериалы), составлена на основании Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования – бакалавриат по направлению подготовки 28.03.03 Наноматериалы, утвержденного приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 22 сентября 2017 г. № 968 (с изм. и доп.), Порядка организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры, утвержденного приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 06 апреля 2021 г. № 245 (с изм. и доп.), в соответствии с учебным планом, утвержденным Ученым советом ФГБОУ ВО «ДонГУ» для набора 2025 года.

Разработчик:

профессор кафедры теоретической физики и нанотехнологий,  
д-р. физ.-мат. наук, проф.

В. М. Юрченко

Рабочая программа одобрена на заседании кафедры теоретической физики и нанотехнологий.

Протокол от 10.04.2025 г. № 18.

Заведующий кафедрой

А. Г. Петренко

СОГЛАСОВАНО:

И.о. декана физико-технического факультета  
16.04.2025 г.

С. А. Фоменко

Учебно-методическая комиссия физико-технического факультета.

Протокол от 16.04.2025 г. № 4

Председатель

В. Н. Котенко

Руководитель основной образовательной программы, д-р физ.-мат. наук, проф.  
10.04.2025 г.

А. Г. Петренко

## 1. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

1.1. Требования к предварительной подготовке обучающихся, предшествующие и сопутствующие дисциплины, на которых основывается изучение данной:

дисциплины программы бакалавриата: Математический анализ, Механика и молекулярная физика, Основы оптоэлектроники.

1.2. Дисциплины, курсовые работы и практики, для которых освоение данной дисциплины необходимо как предшествующее:

Производственная практика: преддипломная практика.

## 2. ОПИСАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 2.1. Общая характеристика

Наименование показателя	Значение показателя
Название образовательной программы (далее – ОП)	28.03.03 Наноматериалы (Профиль: Наноматериалы)
Шифр и название в соответствии с учебным планом	Б1.В.ОД.7 Квантовая и оптическая электроника
Часть образовательной программы	Вариативная часть: выбор вуза
Количество зачетных единиц / всего часов	3 / 108

В случае предъявления от обучающегося или его родителя (законного представителя) заявления на обучение по адаптированной образовательной программе высшего образования, подкрепленного заключением психолого-медико-педагогической комиссии (ПМПК) или медико-социальной экспертизы (МСЭ) с рекомендациями создания индивидуальной программы реабилитации и абилитации (ИПРА), данная рабочая программа может быть адаптирована с учетом индивидуальных особенностей здоровья обучающегося.

### 2.2. Распределение часов по формам и периодам обучения

Форма обучения	курс	семестр	Общее количество часов					Форма контроля
			лекционных	лабораторных	практических	самостоятельной работы + контроль	всего	
Очная	4	8	20	-	40	48	108	зачет

## 3. ЦЕЛИ ДИСЦИПЛИНЫ

Формирование у студентов знаний в области современных методов, средств и технологий создания наноструктурированных материалов.

## 4. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ КОМПОНЕНТА ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ, ИХ ИНДИКАТОРЫ И ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ

Компетенции	Индикаторы	Результаты обучения
-------------	------------	---------------------

ПК-1. Способен апробировать новые методики с согласованием полученных результатов с результатами стандартных методик	ПК-1.7. Рассматривает закономерности распространения электромагнитных волн в фотонных кристаллах	ПК-1.7.1. Знает особенности формирования фотонных кристаллов ПК-1.7.2. Умеет применять на практике знания о закономерностях распространения объемных и поверхностных волн в одномерном фотонном кристалле ПК-1.7.3. Владеет методами получения законов дисперсии электромагнитных мод, локализованных в одномерном фотонном кристалле
	ПК-1.8. Применяет в проведении исследований методы дисперсии	ПК-1.8.1. Знает методы получения законов дисперсии электромагнитных мод, локализованных в одномерном фотонном кристалле ПК-1.8.2. Умеет использовать особенности формирования фотонных кристаллов ПК-1.8.3. Владеет навыками применения методов дисперсии при проведении исследований

## 5. ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Название темы	Краткое содержание темы (вопросы темы)
Раздел 1. Введение в теорию оптических волноводов	
Особенности и классификация объектов электроники.	Введение в теорию оптических волноводов. Геометрическая оптика плоских волноводов. Волноводные моды. Смещение Гуса-Хенхена. Эффективная толщина волновода.
Основы электромагнитной теории диэлектрических волноводов.	Уравнения Максвелла. Волновые уравнения для плоских волноводов. Особенности мод плоского волновода. Вариационная теорема в случае диэлектрического волновода.
Раздел 2. Фотонные кристаллы	
Фотонные кристаллы	Фотонные кристаллы: одномерные, двумерные, трехмерные. Фотонно-кристаллические структуры с использованием жидкостных кристаллов
Объемные и поверхностные волны в одномерном фотонном кристалле	Объемные электромагнитные волны в фотонном кристалле. Поверхностные электромагнитные волны в фотонном кристалле. Рассеяния света кристаллической нанопленкой. Примеры супер-решеток, их практическое использование. Дефектные структуры. Волны в ограниченной супер-решетке..
Локализованные электромагнитные моды и спектр пропускания одномерного фотонного кристалла.	Спектр возбуждений одномерного фотонного кристалла, учета дефектов его структуры. Спектр пропускания одномерной супер-решетки.

Спонтанное излучение и плотность электромагнитных волн в оптике фотонных кристаллов..	Спонтанное излучение в фотонных кристаллах. Интенсивность излучаемого света. Примеры флуоресцентных структур
Полупроводниковые гетероструктуры и приборы на их основе.	Основные типы полупроводниковых гетероструктур. Особенности физических свойств низкоразмерных систем. Биосенсоры и др. Наноккомпозиты как основа функциональной электроники

## 6. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 6.1. Форма обучения – очная, курс – 4, семестр – 8

Наименования разделов и тем	Количество часов				
	Лекц.	Лабор.	Практ.	СРС+К	Всего
Раздел 1. Введение в теорию оптических волноводов	10		20	24	54
Особенности и классификация объектов электроники.	5		10	12	27
Основы электромагнитной теории диэлектрических волноводов.	5		10	12	27
Раздел 2. Фотонные кристаллы	10		20	24	54
Фотонные кристаллы	2		4	5	11
Объемные и поверхностные волны в одномерном фотонном кристалле	2		4	5	11
Локализованные электромагнитные моды и спектр пропускания одномерного фотонного кристалла.	2		4	5	11
Спонтанное излучение и плотность электромагнитных волн в оптике фотонных кристаллов..	2		4	5	11
Полупроводниковые гетероструктуры и приборы на их основе.	2		4	4	10
ИТОГО ПО КОМПОНЕНТУ ОПОП	20		40	48	108

## 7. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ (СРЕДСТВА) ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

### 7.1. Контрольные вопросы

#### Раздел 1

1. Наноструктурированные материалы и их использование в оптоэлектронике.
2. Особенности и классификация объектов электроники.
3. Уравнения Максвелла в случае отсутствия зарядов и токов на поверхности диэлектрического волновода.
4. Типы волноводных мод.
5. Смещение Гуса-Хенхена.

#### Раздел 2

6. Вариационная теорема в случае диэлектрического волновода.
7. Волновые уравнения для планарных структур.
8. Фотонные кристаллы: одномерные, двумерные, трехмерные.

9. Примеры фотонно- кристаллических структур с использованием жидкостных кристаллов.

7.2. Темы письменных работ (типы задач)

- Особенности и классификация объектов электроники.
- Основы электромагнитной теории диэлектрических волноводов.
- Фотонные кристаллы
- Объемные и поверхностные волны в одномерном фотонном кристалле
- Локализованные электромагнитные моды и спектр пропускания одномерного фотонного кристалла.
- Спонтанное излучение и плотность электромагнитных волн в оптике фотонных кристаллов.
- Полупроводниковые гетероструктуры и приборы на их основе.

Контрольная работа по проверке теоретических знаний – по всем темам, с использованием указанных выше контрольных вопросов.

## 8. РАСПРЕДЕЛЕНИЕ БАЛЛОВ, КОТОРЫЕ ПОЛУЧАЮТ ОБУЧАЮЩИЕСЯ

Общая оценка знаний обучающихся по дисциплине проводится по 100-балльной шкале исходя из максимума, приведенного в таблице ниже.

Организационно-учебная работа в аудитории оценивается на основе таких критериев как посещаемость занятий, своевременное и качественное выполнение домашних заданий, активность во время проведения лекционных и практических занятий (участие в обсуждении текущего и пройденного материала, решение задач и т.п.).

Самостоятельная работа оценивается на основе предоставленных на проверку выполненных домашних, индивидуальных заданий с учетом своевременности их предоставления и соответствия требованиям к их выполнению.

Количество баллов за контрольную работу вычисляется как сумма баллов за все входящие в её состав задания. Каждое задание оценивается исходя из максимально возможного количества баллов с учетом правильности выполнения задания, полноты приводимых обоснований.

По результатам работы в семестре обучающийся, набравший не менее 60 баллов, имеет право получить оценку. Те, кто претендует на более высокий балл, проходят промежуточную аттестацию. Максимальное количество баллов на промежуточной аттестации – 100. Общее количество баллов за семестр вычисляется как максимальная из полученных за семестр и на промежуточной аттестации и выставляется согласно принятому порядку.

### 8.1. Семестр 8

Номера разделов	Виды работ	Максимальное количество баллов
1-2	Организационно-учебная работа в аудитории	20
	Самостоятельная работа	10
	Контрольные работы по практике	10
	Контрольная работа по теоретическому материалу	20
ИТОГО		60
Промежуточная аттестация (зачет)		40
Общий итог за семестр		100

## Соответствие баллов оценке

Количество баллов из 100	ECTS	Оценка по пятибалльной шкале	
		Экзамен, дифференцированный зачет	Зачет
90-100	A	отлично	зачтено
80-89	B	хорошо	зачтено
75-79	C		зачтено
70-74	D	удовлетворительно	зачтено
60-69	E		зачтено
35-59	FX	неудовлетворительно	не зачтено
0-34	F		не зачтено

## 9. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОГО ПРОЦЕССА

Учебные занятия проводятся в 4 учебном корпусе ДонГУ (г. Донецк, пр. Театральный, 13). Для проведения занятий требуется аудитория, оборудованная меловой или маркерной доской, мультимедийный проектор и экран, ноутбук, комплект учебной мебели для студентов, рабочее место преподавателя, выход в Интернет – проводной или с использованием Wi-Fi.

Для самостоятельной работы используются текстовые и электронные ресурсы Научной библиотеки университета и других электронных библиотечных баз данных, учебно-методическое обеспечение, представленное в учебно-методическом кабинете кафедры теоретической физики и нанотехнологий (ауд.256).

Обучающиеся имеют возможность использовать учебные материалы по дисциплине, размещенные на платформе Moodle Центра дистанционного образования ФГБОУ ВО «ДонГУ». При изучении дисциплины могут применяться электронное обучение и дистанционные образовательные технологии.

С использованием ресурсов платформы дистанционного образования осуществляется текущий контроль знаний обучающихся на основе тестирования и проверки результатов самостоятельной работы.

## 10. РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

## 10.1. Основная литература

1. Пихтин, А. Н. Оптическая и квантовая электроника : Учеб. для вузов по направлению "Электроника и микроэлектроника" / А. Н. Пихтин. - М. : Высш. шк., 2001. - 573 с.
2. Гребнев, А. К. Оптоэлектронные элементы и устройства / А.К. Гребнев, В.Н. Гридин, В.П. Дмитриев ; Под ред. Ю.В. Гуляева. - М. : Радио и связь, 1998. - 336 с.
3. Верещагин, И. К. Введение в оптоэлектронику / И. К. Верещагин, Л. А. Косяченко, С. М. Кокин. - М. : Высш. шк., 1991. - 191 с.
4. Мартынов, В. Н. Полупроводниковая оптоэлектроника : Учеб. пособие для студентов вузов, обучающ. по направлению "Электроника и микроэлектроника" специальности "Микроэлектроника и полупроводниковые приборы" / В. Н. Мартынов, Г. И. Кольцов. - М. : МИСИС, 1999. - 399 с.

## 10.2. Дополнительная литература

1. Наноматериалы, нанопокрyтия, нанотехнологии: [учеб. пособие] / [Н. А. Азаренков, В. М. Береснев, А. Д. Погребняк и др.]; Харьковский нац. ун-т им. В. Н. Каразина. – Харьков : ХНУ им. В. Н. Каразина, 2009. – 209 с.
2. Нанотехнологии и специальные материалы: учеб. пособие для студентов вузов, обучающихся по направлению подготовки 140140 - Техн. физика / Ю. П. Солнцев, Е. И.

Пряхин, С. А. Вологжанина, А. П. Петкова ; под ред. Ю. П. Солнцева. - Санкт-Петербург: Химиздат, 2009. – 334, [1] с.

## 11. ИНФОРМАЦИОННЫЕ РЕСУРСЫ

1. **Национальная электронная библиотека (НЭБ):** федеральная государственная информационная система / Министерство Культуры РФ; Российская государственная библиотека. – Москва, 2019- . – URL: <https://rusneb.ru/> (дата обращения: 31.03.2025). – Режим доступа: свободный, подписка. Необходима установка программного обеспечения. – Текст: электронный.
2. **eLIBRARY.RU:** научная электронная библиотека: сайт. – Москва, 2000- . – URL: <https://elibrary.ru> (дата обращения: 31.03.2025). – Режим доступа: для авторизов. пользователей. – Текст: электронный.
3. Научная электронная библиотека **«КиберЛенинка»:** сайт / Ассоциация «Открытая наука». – Москва, 2014- . – URL: <https://cyberleninka.ru/> (дата обращения: 31.03.2025). – Режим доступа: свободный. – Текст: электронный.
4. Электронно-библиотечная система **«Лань»:** [сайт]. – URL: <https://e.lanbook.com> (дата обращения: 31.03.2025). – Режим доступа: издания Сетевой электронной библиотеки, для авторизов. пользователей. – Текст: электронный.
5. **ЭБС Юрайт:** электронная библиотечная система: сайт. – Москва, 2013. – URL: <https://urait.ru/library/svobodnyy-dostup/> (дата обращения: 31.03.2025). – Режим доступа: издания свободного доступа, для авторизов. пользователей. – Текст: электронный.
6. **Электронно-библиотечная система ДонГУ:** сайт / ФГБОУ ВО «ДонГУ». – Донецк, 2016- . – URL: <http://library.donnu.ru/> (дата обращения: 31.03.2025). – Режим доступа: свободный. – Текст: электронный.
7. **Электронный каталог** Научной библиотеки ДонГУ: раздел сайта / НБ ДонГУ. – Текст: электронный // ЭБС ДонГУ: сайт. – URL: <http://library.donnu.ru/catalog/> (дата обращения: 31.03.2025). – Режим доступа: поиск свободный, электронные документы – для пользователей ДонГУ.
8. **Электронный архив ДонГУ:** раздел сайта / НБ ДонГУ. – Текст: электронный // ЭБС ДонГУ: сайт. – URL: <http://repo.donnu.ru/> (дата обращения: 31.03.2025). – Режим доступа: свободный.

## 12. ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

1. Windows 7 PRO (корпоративная лицензия ДонГУ № 46484614)
2. Microsoft Office (корпоративная лицензия ДонГУ № 46472919)
3. Microsoft Visual Studio (лицензия программы Dream Spark для высших учебных заведений)
4. Антивирус Касперского, Adobe Acrobat Reader, xPDF (лицензии GPL, Apache, BSD для свободного программного обеспечения).