

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

ФИЗИКА ГЕТЕРОЭПИТАКСИАЛЬНЫХ НАНОСТРУКТУР

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 **«Физика гетероэпитаксиальных наноструктур»** 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, Физика твердого тела.

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

Материалы и методы нанотехнологий, 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.5 Физика гетероэпитаксиальных наноструктур
Часть образовательной программы	Вариативная часть: выбор вуза
Количество зачетных единиц / всего часов	4 / 144

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	84	144	зачет

3. ЦЕЛИ ДИСЦИПЛИНЫ

Формирование у студентов знаний по технологии создания наноструктур различного типа, включая основы методов молекулярно-лучевой эпитаксии, газофазной эпитаксии, литографии и высокотемпературного синтеза нанокристаллов в диэлектрических средах.

**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-1.3. Организует исследование параметров наноструктур с целью создания новых материалов	ПК-1.3.1. Знает методы создания наноструктур различного типа ПК-1.3.2. Умеет проводить экспериментальные исследования и получать количественные оценки параметров наноструктур ПК-1.3.3. Владеет навыками проведения экспериментальных исследований и получением количественных оценок параметров наноструктур
	ПК-1.4. Планирует экспериментальные исследования при количественных оценках параметров наноструктур	ПК-1.4.1. Знает основные типы наноматериалов и наносистем ПК-1.4.2. Умеет применять основные типы наноматериалов и наносистем для решения производственных задач ПК-1.4.3. Владеет навыками использования технических средств для измерения и контроля основных параметров технологических процессов получения и свойств нанообъектов

5. ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Название темы	Краткое содержание темы (вопросы темы)
Раздел 1. Физика гетероэпитаксиальных наноструктур	
Твердотельные гетероструктуры	Полупроводниковый гетеропереход
Размерное квантование и квантово-размерные структуры	Типы квантоворазмерных структур. Размерное квантование электронной подсистемы квантовых точек
Проблемы технологии квантово-размерных структур	Изготовление металлических нанозондов для приборов ближнепольной микроскопии. Изготовление диэлектрических наноразмерных зондов на основе волоконно-оптических световодов
Синтез и свойства фотонных кристаллов	Фотонные кристаллы. Изготовление фотонных кристаллов
Молекулярно-лучевая эпитаксия, газофазная эпитаксия, нанолитография	Молекулярно-лучевая эпитаксия. Газофазная эпитаксия. Нанолитография
Высокотемпературный синтез нанокристаллов в диэлектрических средах, самоорганизация квантовых точек и квантовых нитей	Самоорганизация квантовых точек и квантовых нитей

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. Физика гетероэпитаксиальных наноструктур	20	–	40	48	108
Твердотельные гетероструктуры	3		7	8	18
Размерное квантование и квантово-размерные структуры	3		7	8	18
Проблемы технологии квантово-размерных структур	3		7	8	18
Синтез и свойства фотонных кристаллов	3		7	8	18
Молекулярно-лучевая эпитаксия, газофазная эпитаксия, нанолитография	3		7	8	18
Высокотемпературный синтез нанокристаллов в диэлектрических средах, самоорганизация квантовых точек и квантовых нитей	5		5	8	18
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. Что такое полупроводниковый гетеропереход?
2. Какие факторы учитываются при построении зонной диаграммы гетероперехода?
3. В чем заключается эффект размерного квантования?
4. Перечислите типы элементарных наноструктур?
5. Каким образом меняется энергетический спектр объемного полупроводника при переходе к двумерным, одномерным и нульмерным квантовым наноструктурам?
6. Перечислите основные типы полупроводниковых квантовых точек.
7. Какие объекты называются фотонными кристаллами?
8. Перечислите основные классы фотонных кристаллов.
9. Приведите примеры фотонных кристаллов, встречающихся в природе.
10. Методы синтеза одномерных, двумерных и трехмерных фотонных кристаллов.

7.2. Темы письменных работ (типы задач)

Контрольные работы по практике темам:

- Изготовление металлических нанозондов для приборов ближнепольной микроскопии
- Изготовление диэлектрических наноразмерных зондов на основе волоконно-оптических световодов
- Получение тонких слоев различных материалов методом термического напыления в вакууме
- Технология изготовления твердотельных наноструктур

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 7

Номера разделов	Виды работ	Максимальное количество баллов
1	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. Иваницын, Н. П. Размерные эффекты в нанокристаллических материалах [Электронный ресурс] : для студентов, аспирантов, специализирующихся по направлению подготовки 030402 «физика» и специалистов в области физики конденсированных сред, теоретической физики и нанотехнологий. / Н. П. Иваницын, С. В. Терехов, В. М. Юрченко ; ГОУ ВПО "Донецкий национальный университет", Физико-технический факультет, Кафедра теоретической физики и нанотехнологий. - Донецк : ДонГУ, 2019. - Электронные текстовые данные (1 файл).

2. Буравлев, Ю. М. Основы инженерии поверхности металлических деталей и конструкций [Электронный ресурс] : [учебное пособие] / Ю. М. Буравлев, Н. П. Иваницын, А. Г. Милославский ; ГОУ ВПО Донецкий национальный университет. - Донецк : ГОУ ВПО "ДонГУ", 2017. - Электронные данные (1 файл).

3. Бехштедт, Ф. Поверхности и границы раздела полупроводников / Ф. Бехштедт, Р. Эндерлайн ; Пер. с англ. под ред. И. П. Звягина. - М. : Мир, 1990. - 484 с.

4. Ковальчук, В. В. Кластерная модификация полупроводниковых гетероструктур / В. В. Ковальчук. - К. : Хай-Тек-Прес, 2007. - 303 с.

10.2. Дополнительная литература

1. Джафаров, Т. Д. Дефекты и диффузия в эпитаксиальных структурах / Т. Д. Джафаров ; [отв. ред. Б. И. Болтакс] ; АН СССР, Физико-технический ин-т им. А. Ф. Иоффе. - Ленинград : Наука, 1978. - 207 с.

2. Ашкрофт Н. Физика твердого тела. Т. 1 / Н. Ашкрофт, Н. Мермин ; Пер. с англ. А. С. Михайлова ; Под ред. М. И. Каганова. - М. : Мир, 1979. - 399 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).