

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

ОСНОВЫ КРИСТАЛЛОФИЗИКИ И КРИСТАЛЛОХИМИИ

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 **«Основы кристаллофизики и кристаллохимии»** 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: Аналитическая геометрия и линейная алгебра, Механика и молекулярная физика, Математический анализ, Химия твердого тела.

1.2. Дисциплины, курсовые работы и практики, для которых освоение данной дисциплины необходимо как предшествующее: Физика гетероэпитаксиальных наноструктур, 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.10 Основы кристаллофизики и кристаллохимии
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	7	26	-	26	56	108	экзамен

3. ЦЕЛИ ДИСЦИПЛИНЫ

Формирование фундаментальных представлений об атомной структуре и симметрии идеальных кристаллов, а также о связи симметрии кристаллов с их свойствами.

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-1.13. Планирует выбор методов исследований для определения структуры конкретных материалов	ПК-1.13.1. Знает фундаментальные понятия, терминологию кристаллофизики и кристаллохимии ПК-1.13.2. Умеет применять основные методы исследования структуры кристаллов ПК-1.13.3. Владеет методами исследования структуры кристаллов
	ПК-1.14. Сравнивает результаты исследований при применении различных методов	ПК-1.14.1. Знает описания пространственного строения кристаллов и выявления зависимостей между их составом, строением и свойствами кристаллов ПК-1.14.2. Умеет объяснить связь физических свойств кристаллов с их симметрией ПК-1.14.3. Владеет навыками сравнения результатов исследований при применении различных методов

5. ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Название темы	Краткое содержание темы (вопросы темы)
Раздел 1. Основы кристаллофизики и кристаллохимии	
Введение	Кристаллофизика и кристаллохимия, их место в системе наук, изучающих твердые тела. Исторические этапы развития кристаллофизики и кристаллохимии.
Основные свойства кристаллов	Аморфные и кристаллические вещества, свойства кристаллических веществ. Моно- и поликристаллы. Симметрия кристаллов. Элементы теории групп и их использование для описания симметрии кристаллов. Структура кристаллов и пространственная решетка. Элементарная ячейка, параметры элементарной ячейки, сингонии. Элементы симметрии пространственных решеток. Пространственные группы, их обозначение. Решетки Бравэ, базис решетки. Правильные системы точек, кратность системы. Понятия прямой и обратной решеток. Математическое определение обратной решетки. Основные свойства и описание обратной решетки, связь с прямой решеткой. Построение обратной решетки для основных типов кристаллических структур (ГЦК, ОЦК и др.).
Кристаллохимия	Основные кристаллохимические представления. Решетки как плотные шаровые упаковки. Пустоты в плотнейших упаковках. Атомные и ионные радиусы, координационное число, координационный многогранник. Пределы устойчивости структур. Основные типы структур, их описание..

Кристаллофизика	Основной принцип симметрии в кристаллофизике. Принцип Неймана. Принцип суперпозиции Кюри. Физические свойства идеальных кристаллов и симметрия. Свойства кристалла, подвергнутого внешнему воздействию. Тензорное описание физических свойств кристаллов. Физико-химические свойства кристаллов. Ограничения, налагаемые симметрией кристалла.
-----------------	--

6. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

6.1. Форма обучения – очная, курс – 4, семестр – 7

Наименования разделов и тем	Количество часов				
	Лекц.	Лабор.	Практ.	СРС+К	Всего
Раздел 1. Основы кристаллофизики и кристаллохимии	26	–	26	56	108
Введение	6		6	14	26
Основные свойства кристаллов	6		6	14	26
Кристаллохимия	7		7	14	28
Кристаллофизика	7		7	14	28
ИТОГО ПО КОМПОНЕНТУ ОПОП	26	–	26	56	108

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

7.1. Контрольные вопросы

Раздел 1

1. Исторические этапы развития кристаллофизики и кристаллохимии.
2. Аморфные и кристаллические вещества, свойства кристаллических веществ.
3. Моно- и поликристаллы.
4. Симметрия кристаллов. Элементы теории групп и их использование для описания симметрии кристаллов.
5. Структура кристаллов и пространственная решетка. Элементарная ячейка, параметры элементарной ячейки, сингонии.
6. Элементы симметрии пространственных решеток. Пространственные группы, их обозначение.
7. Решетки Бравэ, базис решетки. Правильные системы точек, кратность системы.
8. Понятия прямой и обратной решеток. Математическое определение обратной решетки. Основные свойства и описание обратной решетки, связь с прямой решеткой.
9. Построение обратной решетки для основных типов кристаллических структур (ГЦК, ОЦК и др.).
10. Основные кристаллохимические представления. Решетки как плотные шаровые упаковки. Пустоты в плотнейших упаковках.
11. Атомные и ионные радиусы, координационное число, координационный многогранник. Пределы устойчивости структур. Основные типы структур, их описание.
12. Основной принцип симметрии в кристаллофизике. Принцип Неймана. Принцип суперпозиции Кюри.

13. Физические свойства идеальных кристаллов и симметрия.
14. Свойства кристалла, подвергнутого внешнему воздействию.
15. Тензорное описание физических свойств кристаллов.
16. Физико-химические свойства кристаллов.
17. Ограничения, налагаемые симметрией кристалла.

7.2. Темы письменных работ (типы задач)

- Анизотропия кристаллов.
- Пьезоэлектрики
- Квазикристаллы.
- Суперионные кристаллы.
- Области применения кремния.
- Химические и физические свойства кристаллов
- Свойства аморфных и кристаллических веществ.
- Люминесценция кристаллов.
- Физика жидких кристаллов
- Магнитные свойства кристаллов.
- Нано-кристаллы.
- Кристаллы для лазеров
- Твердые электролиты.
- Оптические свойства кристаллов.
- Кристаллооптика видимого света и рентгеновских лучей

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

7.3. Образец содержания экзаменационного билета

Донецкий государственный университет
Физико-технический факультет
Кафедра теоретической физики и нанотехнологий

Программа высшего образования	Программа бакалавриата
Направление подготовки	28.03.03 Наноматериалы
Профиль подготовки	Наноматериалы
Форма обучения	Очная
Семестр	Седьмой
Дисциплина	Основы кристаллофизики и кристаллохимии

Экзаменационный билет № 1

1. Кристаллическая решетка и кристаллическая структура. Симметрия решетки.
2. Пространственные группы симметрии Федорова.
3. Прямое произведение представлений групп. Правила отбора для матричных элементов физических величин.

Утверждено на заседании кафедры теоретической физики и нанотехнологий, протокол № __ от ____ 202__ г.

Заведующий кафедрой

Экзаменатор

В случае ведения учебного процесса с использованием электронного обучения и дистанционных образовательных технологий, содержание билета может отличаться от приведенного.

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
1-2	Организационно-учебная работа в аудитории	20
	Самостоятельная работа	10
	Контрольные работы по практике	10
	Контрольная работа по теоретическому материалу	20
ИТОГО		60
Промежуточная аттестация (экзамен)		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. Сиротин, Ю. И. Основы кристаллофизики / Ю. И. Сиротин, М. П. Шаскольская. - М. : Наука, 1975. - 680 с.
2. Переломова, Н. В. Задачник по кристаллофизике : [Для вузов] / Н. В. Переломова, М. М. Тагиева ; Под ред. М. П. Шаскольской. - М. : Наука, 1972. - 192 с.
3. Урусов, В. С. Теоретическая кристаллохимия : [Учеб. для геохим. и хим. специальностей вузов] / В. С. Урусов. - М. : Изд-во МГУ, 1987. - 272 с.
4. Пенкаля, Т. Очерки кристаллохимии / Т. Пенкаля ; Пер. с пол. В. В. Макарского ; Под ред. В. А. Франк-Каменецкого. - Л. : Химия, 1974. - 496 с.

10.2. Дополнительная литература

1. Креггер Ф. Химия несовершенных кристаллов / Ф. Креггер ; Пер. с англ. В. П. Зломанова, В. А. Левицкого, Б. А. Поповкина ; Под ред. О. М. Полторака. - М. : Мир, 1969. - 654 с.
2. Ковалев, О. В. Неприводимые и индуцированные представления и копредставления федоровских групп : Справ. рук. / О. В. Ковалев. - М. : Наука, 1986. - 367 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).