

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

КОРРОЗИЯ И ЗАЩИТА НАНОКРИСТАЛЛИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ

Укрупненная группа направлений подготовки	28.00.00 Нанотехнологии и наноматериалы
Программа высшего образования	Программа магистратуры
Направление подготовки	28.04.03 Наноматериалы
Направленность (профиль) образовательной программы	Наноматериалы и нанотехнологии
Квалификация	Магистр
Форма обучения	Очная

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

Рабочая программа дисциплины **«Коррозия и защита нанокристаллических материалов»** для обучающихся по направлению подготовки 28.04.03 Наноматериалы (Профиль: Наноматериалы и нанотехнологии), составлена на основании Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования – магистратура по направлению подготовки 28.04.03 Наноматериалы, утвержденного приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 22 сентября 2017 г. № 966 (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,
канд. физ.-мат. наук, проф.

Н.П. Иваницын

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: Основы кристаллографии, Физика гетероэпитаксиальных наноструктур, Дефекты в кристаллах.

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

Производственная практика: научно-исследовательская работа, Производственная практика: преддипломная практика.

2. ОПИСАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

2.1. Общая характеристика

Наименование показателя	Значение показателя
Название образовательной программы (далее – ОП)	28.04.03 Наноматериалы (Профиль: Наноматериалы и нанотехнологии)
Шифр и название в соответствии с учебным планом	Б1.В.ДВ.3.1 Коррозия и защита нанокристаллических материалов
Часть образовательной программы	Вариативная часть: выбор обучающегося
Количество зачетных единиц / всего часов	8 / 288

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	2	3	30	–	60	198	288	экзамен

3. ЦЕЛИ ДИСЦИПЛИНЫ

Формирование у студентов знаний и умений в области учения о коррозии и защите материалов; формирование знаний о физических особенностях протекания процесса, связанного с разрушением нанообъектов, а также факторах ускоряющих или замедляющих этот процесс.

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

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

ПК-2. Способен управлять параметрами процесса технологической обработки материалов и наноматериалов и контролировать их	ПК-2.3. Анализирует параметры технологических операций обработки материала и наноматериала	ПК-2.3.1. Знает параметры исходного состояния основных, вспомогательных и расходных материалов и наноматериалов. ПК-2.3.2. Умеет контролировать параметры исходного состояния основных, вспомогательных и расходных материалов и наноматериалов. ПК-2.3.3. Владеет навыками работы с нормативно-технической документацией.
	ПК-2.4. Контролирует соответствия характеристик материала и наноматериала и технологического оборудования техническим требованиям	ПК-2.4.1. Знает технические требования соответствия характеристик материала и наноматериала и технологического оборудования. ПК-2.4.2. Умеет пользоваться средствами измерения свойств материала и наноматериала ПК-2.4.3. Владеет навыками измерений значений рабочих параметров технологических операций и характеристик полученной нанопродукции

5. ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Название темы	Краткое содержание темы (вопросы темы)
Раздел 1. Коррозия и защита нанокристаллических материалов	
Введение. Основные учения о коррозии материалов	Прямые и косвенные методы потерь от коррозии. Классификация коррозионных разрушений. Количественные и качественные оценки коррозии. Влияние внешних и внутренних факторов на развитие коррозионных разрушений. Коррозионные среды и виды коррозии. Термодинамика и кинетика в учениях о коррозии и защите материала.
Теория окисления материалов. Адсорбция и кинетика адсорбции	Гипотезы Френкеля, Шоттки, законы Фила. Теория Вагнера, Архарова. Адсорбция и кинетика адсорбции кислорода на нанокристаллических материалах и эпитаксиальных пленках. Десорбция, энергия активации десорбции. Влияние адсорбции на физические свойства нанокристаллических материалов. Коррозия металлов, сплавов и неметаллических материалов.
Зародышеобразование в поверхностных окисных пленках, их оценки и отделение от подложки	Доказательства существования процесса зародышеобразования окисла. Происхождение процесса окисления с зародышеобразованием в нанокристаллических материалах и хемозэпитаксиальных пленках. Методы получения пленок. Исследование структуры тонких окисных слоев (методы ПЭМ, РЭМ, РСА, ЭГ). Оценка толщины пленок и их

	отделение от подложки. Ориентация продуктов реакции (коррозии) на свойства эпитаксиальных пленок. Влияние физических и химических условий на скорость роста окарины (температура, давление, концентрация примесей, дефектов).
Локальная коррозия и разрушение материалов	Коррозия металлов и сплавов в естественных условиях. Коррозионно-механические разрушения металлов. Дефекты кристаллической решетки. Роль объемных дефектов на процесс разрушения.
Защита от коррозии	Основные пути защиты металлических изделий от коррозии. Металлические и неметаллические защитные покрытия. Электрохимическая защита. Воздействие на коррозионную среду.
Меры борьбы с коррозией.	Легирование – как метод защиты от коррозии. ХТО (азотирование, цементация, нитроцементация). Диффузионная металлизация. Методы плакирования.
Экологические аспекты проблемы коррозии.	Экологические аспекты проблемы коррозии.

6. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

6.1. Форма обучения – очная, курс – 2, семестр – 3

Наименования разделов и тем	Количество часов				
	Лекц.	Лабор.	Практ.	СРС+К	Всего
Раздел 1. Коррозия и защита нанокристаллических материалов	30		60	198	288
Введение. Основные учения о коррозии материалов	4		8	28	40
Теория окисления материалов. Адсорбция и кинетика адсорбции	4		8	28	40
Зародышеобразование в поверхностных окисных пленках, их оценки их отделение от подложки	4		8	28	40
Локальная коррозия и разрушение материалов	4		8	28	40
Защита от коррозии	4		8	28	40
Меры борьбы с коррозией.	5		10	29	44
Экологические аспекты проблемы коррозии.	5		10	29	44
ИТОГО ПО КОМПОНЕНТУ ОПОП	30		60	198	288

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

7.1. Контрольные вопросы Раздел 1

1. Определения основных понятий коррозии металлов.
2. Прямые и косвенные методы от коррозии.
3. Классификация коррозионных разрушений.
4. Коррозионные среды и виды коррозии.
5. Термодинамика и кинетика в учении о коррозии и защите материала.
6. Теория окисления материалов.
7. Гипотезы Френкеля, Шоттки, законы Фила, теория Вагнера.
8. Коррозия металлов, сплавов и неметаллических материалов.
9. Основные пути защиты металлических изделий от коррозии.
10. Коррозионно-стойкие покрытия.
11. Воздействие на коррозионную среду.
12. Легирование как метод защиты от коррозии.
13. Методы нанесения защитных покрытий.
14. Плакирование.
15. Диффузионная металлизация.

7.2. Темы докладов (рефератов)

1. Изучение влияния температуры на скорость коррозии.
2. Изучение влияния температуры на толщину окисной пленки.
3. Изучение окисления железа на воздухе при температуре 300 °С.
4. Изучение окисления железа на воздухе при температуре 400 °С.

7.3. Темы письменных работ (типы задач)

- Химические свойства металлов в различных средах.
- Влияние температуры на скорость окисления и определение энергии активации коррозионного процесса
- Электрохимическая коррозия металлов в различных средах. Определение скорости коррозии.
- Способы защиты от коррозии (лаковые, гальванические покрытия). Ингибиторы коррозии.
- Оценка защитного действия ингибитора.
- Определение глубинного показателя коррозии.
- Эпитаксиальные пленки.

7.4. Образец содержания экзаменационного билета

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

Программа высшего образования	Программа магистратуры
Направление подготовки	28.04.03 Наноматериалы
Профиль	Наноматериалы и нанотехнологии
Форма обучения	Очная
Семестр	Третий
Дисциплина	Коррозия и защита нанокристаллических материалов

1. Термодинамика и кинетика в учении о коррозии и защите материала.
2. Гипотезы Френкеля, Шоттки, законы Фила, теория Вагнера.
3. Плакирование.

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 3

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 (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. Коррозия и защита металлов [Текст] : сб. науч. тр. Вып. 6 / [редкол.: С. М. Белоглазов (отв. ред. и др.)] ; Калининградский гос. ун-т. - Калининград, 1983. - 152 с.
2. Варюхин, В. Н. Наноматериалы [Электронный ресурс] : [учеб. пособие] / В. Н. Варюхин, С. В. Терехов ; Донецкий нац. ун-т ; Донецкий физ.-техн. ин-т им. А. А. Галкина. - Донецк : ДонНУ, 2016. - Электронные данные (1 файл).
3. Терехов С. В. Физика нанобъектов: [учебное пособие] / С. В. Терехов, В. Н. Варюхин; ГОУ ВПО «ДонНУ» - Донецк: ДонНУ, 2013. – 418 с.
4. Гусев А. И. Наноматериалы, наноструктуры, нанотехнологии / А. И. Гусев. – Изд. 2-е. – Москва: Физматлит, 2009. – 414 с.

10.2. Дополнительная литература

1. 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.
2. Суздалев, И. П. Нанотехнология : физико-химия нанокластеров, наноструктур и наноматериалов / И. П. Суздалев. - 2-е изд. - Москва : URSS : Либроком, 2009. - 589 с.
3. Получение и исследование наноструктур : лабораторный практикум по нанотехнологиям / [А. А. Евдокимов и др.] ; под ред. А. С. Сигова. - Москва : БИНОМ. Лаб. знаний, 2010. - 146 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).