

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**

### **КОЛЛОИДНАЯ ХИМИЯ НАНОЧАСТИЦ**

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 **«Коллоидная химия наночастиц»** 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.3.2 Коллоидная химия наночастиц
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 представления о теоретических и экспериментальных основах изучаемой дисциплины о явлениях в дисперсных системах, физико-химических особенностях наночастиц.

## 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. Коллоидная химия наночастиц	
Введение в химию коллоидных наночастиц и наносистем	Введение в коллоидную химию. Основные понятия. Классификация поверхностных явлений и дисперсных систем. Коллоидное состояние вещества и признаки объектов коллоидной химии. Дисперсность. Лиофильные и лиофобные дисперсные системы. Основные этапы в развитии коллоидной химии наночастиц.
Термодинамика поверхности	Свободная поверхностная энергия. Поверхностное натяжение. Межфазное натяжение. Методы измерения поверхностного натяжения легкоподвижных поверхностей. Анализ тонких пленок и нарастание эпитаксиальных слоев. Коррозия и окисление. Сегрегация примесей.
Адсорбция на поверхности раздела фаз. Кинетика адсорбции на нанокристаллических материалах и эпитаксиальных пленках	Адсорбция- как явление на поверхности материала. Поверхностно-активные (ПАВ) и поверхностно-инактивные (ПИВ) вещества. Термодинамика процесса адсорбции. Уравнение Гиббса. Поверхностное натяжение. Влияние адсорбции на физические свойства нанокристаллических материалов. Зародышеобразование на поверхности. Уравнения Шишковского, Ленгмора. Поверхностные пленки. Хемосорбция,

	десорбция, энергия активациидесорбции. Изотермы адсорбции газов.
Природа капиллярности и смачивания	Установление формы жидкостей. Термодинамика смачивания и растекания на твердых и жидких поверхностях. Смачивание лиофобных и лиофильных поверхностей. Законы Лапласа, Томсона, Гиббса-Кюри-Вульфа. Уравнение Жорена.
Объемные свойства дисперсных систем	Леофобные и леофильные дисперсные системы и методы их получения. Критерий Ребиндера-Щукина. Мицеллообразование. Термодинамика процесса. Электрические, оптические, молекулярно-кинетические, структурно-механические свойства дисперсных систем.
Устойчивость дисперсионных систем	Методы получения, классификация, устойчивость и разрушение суспензий, эмульсий, пен, аэрозолей. Тонкие пленки и эпитаксия. Методы оценки структурных характеристик объектов «коллоидной химии».
Коллоидно-химические процессы и экология.	Методы очистки атмосферы и гидросферы. Методы разрушения аэрозолей. Методы очистки сточных вод. Применение пенной сепарации, адсорбции, ионного обмена. Мембранные методы разделения дисперсий.

## 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. Коллоидная химия наночастиц	30		60	198	288
Введение в химию коллоидных наночастиц и наносистем	4		8	28	40
Термодинамика поверхности	4		8	28	40
Адсорбция на поверхности раздела фаз. Кинетика адсорбции на нанокристаллических материалах и эпитаксиальных пленках	4		8	28	40
Природа капиллярности и смачивания	4		8	28	40
Объемные свойства дисперсных систем	4		8	28	40
Устойчивость дисперсионных систем	5		10	29	44
Коллоидно-химические процессы и экология.	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. Предмет и признаки объектов коллоидной химии.
2. Дисперсные системы и их классификация по размеру частиц дисперсной фазы.
3. Правило фаз Гиббса для дисперсных систем.
4. Классификация дисперсных систем по агрегатному состоянию фазы и среды по структуре.
5. Поверхность, критерии ее геометрического описания.
6. Свойства поверхности.
7. Уравнение внутренней энергии поверхностного слоя.
8. Натяжение.
9. Удельная поверхностная энергия жидкостей и твердых тел.
10. Растворы полимеров – как объект исследования коллоидной химии.
11. Влияние дисперсности на свойства тел, их форму.
12. Принцип Гиббса-Кюри.
13. Закон Вульфа.
14. Уравнение Кельвина, Лапласа.
15. Адгезия и когезия.
16. Смачивание. Краевой угол смачивания.
17. Закон Юнга. Уравнение Юнга-Дюпре.
18. Растекание. Условие растекания. Капиллярность.
19. Адсорбция. Термодинамика процесса.
20. Классификация ПАВ.
21. Адсорбция и структура тонких пленок.
22. Лиофильные и лиофобные коллоидные системы.

#### 7.2. Темы докладов (рефератов)

1. Исследование свойств растворов поверхностно-активных веществ.
2. Методы определения удельной поверхности адсорбентов.
3. Классификация адсорбентов по размеру.
4. Мембранные методы разделения дисперсий.
5. Методы получения, классификация, устойчивость и разрушение суспензий, эмульсий, пен, аэрозолей.

#### 7.3. Темы письменных работ (типы задач)

- Исследование поверхностного натяжения жидкости и температурной зависимости явления.
- Измерение поверхностного натяжения жидкостей методом счета капель.
- Измерение поверхностного натяжения водных растворов поверхностно-активных веществ (ПАВ).
- Изучение явлений различных скоростей адсорбционного процесса на структуру тонких пленок. (Метод термического напыления).
- Определение размеров частиц и концентраций золей.
- Исследование коагуляции лиофобных золей.
- Определение краевого угла смачивания.
- Влияние адсорбционных слоев на смачивание твердых поверхностей.

#### 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	Коллоидная химия наночастиц

Экзаменационный билет № 1

1. Уравнение внутренней энергии поверхностного слоя.
2. Принцип Гиббса-Кюри.
3. Адсорбция. Термодинамика процесса.

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 нанообъектов: [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).