

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**

### **ПРОЦЕССЫ ПОЛУЧЕНИЯ НАНОЧАСТИЦ И НАНОМАТЕРИАЛОВ**

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 **«Процессы получения наночастиц и наноматериалов»** 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,  
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: Введение в специальность, Явления переноса в кристаллах и тонких пленках, Физика гетероэпитаксиальных наноструктур, Квантовая и оптическая электроника.

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

Современные функциональные материалы, Производственная практика: научно-исследовательская работа.

## 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.1.1 Процессы получения наночастиц и наноматериалов
Часть образовательной программы	Вариативная часть: выбор обучающегося
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	1	2	14	–	42	88	144	экзамен

## 3. ЦЕЛИ ДИСЦИПЛИНЫ

Получение углубленных знаний в области физических основ формирования структуры и «особых» свойств наноразмерных и наноструктурированных материалов: формировании у будущих специалистов умений для использования этих эффектов для создания новых функциональных материалов и технологий их изготовления.

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

Компетенции	Индикаторы	Результаты обучения
ПК-4. Способен вносить предложения в техническое задание на разработку нанопродукции	ПК-4.1. Вносит предложения в техническое задание на разработку нанопродукции	ПК-4.1.1. Знает структуру и содержание технического задания. ПК-4.1.2. Умеет анализировать и совершенствовать техническое задание. ПК-4.1.3. Владеет навыками работы с нормативно-технической документацией.
	ПК-4.2. Участствует в обеспечении контроля и мониторинга выпускаемой нанопродукции	ПК-4.2.1. Знает основные этапы производственного контроля выпускаемой нанопродукции. ПК-4.2.2. Умеет осуществлять мониторинг выпускаемой нанопродукции. ПК-4.2.3. Владеет навыками работы с нормативно-технической документацией.

**5. ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

Название темы	Краткое содержание темы (вопросы темы)
Раздел 1. Процессы получения наночастиц и наноматериалов	
Введение. Нанотехнологии методы получения наноматериалов и изделий с наноструктурой.	Классификация веществ по агрегатным состояниям и размерным характеристикам. Терминологические подходы к описанию понятия «наноматериал». Критический размер существования нанокристаллического материала. Доля границ раздела в общем объеме наноматериала. Возникновение новых качеств при уменьшении объема вещества
Базовые понятия основ физики твердого тела.	Кристаллические структуры. Трехмерные и двумерные решетки Браве – примитивная и элементарная ячейки. Дальний и ближний порядок. Ячейки Вороного. Элементы теории симметрии. Типы связей в материалах: молекулярная и ионная связи; спин как основа ковалентной связи; кристаллы с водородной связью; металлическая связь и модель Друде.
Типы наноразмерных систем.	Наноизделия. Микроизделия. Массивные наноматериалы: однофазные и многофазные. Композиты с компонентами из наноматериалов.
Закономерности зарождения и роста нанообъектов.	Гомогенное зародышеобразование. Гетерогенное возникновение источника новой фазы. Скорость нормального роста кристалла. Рост ступенек на поверхности зародыша. Причины различий размеров нанообъектов. Кривые свободной энергии для различных фазовых состояний. Критический размер

	зародыша в соответствии термодинамической моделью Толпыго К.Б.
Теоретические модели зародышеобразования и кристаллизации.	Модель Колмогорова - Джонсона – Мэла – Аврами. Представление Аррениуса. Термодинамика «размытых» фазовых переходов. Модель идеальных структур. «Фаза пустоты» и «размытый» фазовый переход.
Нанотехнологии.	Фуллерены, фуллериты, нанотрубки. Основные области применения наноматериалов и нанотехнологий: конструкционные материалы, инструментальные материалы, производственные технологии, триботехника, военное дело, ядерная энергетика, электромагнитная и электронная техника, защита поверхности материалов, медицина и биотехника
Химический синтез нанопорошков и наноструктур.	Золь - гель метод. Гидро- и сольвотермальный синтез. Хемосорбционное наращивание слоев. Метод молекулярного наслаивания. Ионное наслаивание или «слой за слоем». Осаждение наночастиц из газовой среды. Плазмохимический метод получения нанообъектов.
Формирование гетероструктур.	Эпитаксиальная самосборка гетероструктур. Граничная поверхность. Поверхностные силы. Адсорбция. Периодический потенциал кристаллов. Электронно – дырочный газ и эффекты Холла. Формирование поверхностных периодических структур.
Методы анализа нанокомпозитных структур.	Рентгенографические методы анализа аморфных и нанокомпозитных структур. Применение метода малоуглового рассеяния рентгеновских лучей для анализа структуры аморфных сплавов и нанофазных композитов. Электронномикроскопические методы исследования структуры сплавов с аморфной и аморфно-кристаллической структурой.
Аморфные металлические сплавы.	Эффективные коэффициенты диффузии, контролирующие кристаллизацию стекол. Механические свойства металлических стекол. Механизмы диффузии в неупорядоченных структурах. Механизмы и кинетика процессов структурной релаксации в металлических стеклах. Влияние релаксационных процессов на структуру и свойства аморфных сплавов. Стеклообразный переход в расплавах и стеклах.
Механизмы и кинетика кристаллизации аморфных сплавов.	Механизмы и кинетика кристаллизации аморфных сплавов. Механизмы зарождения кристаллов в расплавах и стеклах. Механизмы процессов роста кристаллов в аморфных сплавах. Методы исследования кристаллизации аморфных фаз.

Термодинамика процессов зарождения и роста кристаллов в аморфной матрице.	Термодинамические и кинетические параметры, контролирующие зарождение и рост кристаллов в аморфных сплавах. Закономерности формирования нанокристаллических фаз в аморфных сплавах. Магнитные и механические свойства сплавов с нанокompозитной структурой. Эвтектическая кристаллизация расплавов и стекол. Механизмы стационарного и нестационарного процесса роста.
---	--

## 6. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 6.1. Форма обучения – очная, курс – 1, семестр – 2

Наименования разделов и тем	Количество часов				
	Лекц.	Лабор.	Практ.	СРС+К	Всего
Раздел 1. Процессы получения наночастиц и наноматериалов	14		42	88	144
Введение. Нанотехнологии методы получения наноматериалов и изделий с наноструктурой.	1		3	7	11
Базовые понятия основ физики твердого тела.	1		3	7	11
Типы наноразмерных систем.	1		3	7	11
Закономерности зарождения и роста нанобъектов.	1		3	7	11
Теоретические модели зародышеобразования и кристаллизации.	1		3	7	11
Нанотехнологии.	1		3	7	11
Химический синтез нанопорошков и наноструктур.	1		3	7	11
Формирование гетероструктур.	1		3	7	11
Методы анализа нанокompозитных структур.	1		3	7	11
Аморфные металлические сплавы.	1		3	7	11
Механизмы и кинетика кристаллизации аморфных сплавов.	2		6	9	17
Термодинамика процессов зарождения и роста кристаллов в аморфной матрице.	2		6	9	17
ИТОГО ПО КОМПОНЕНТУ ОПОП	14	–	42	88	144

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

### 7.1. Контрольные вопросы

#### Раздел 1

1. Классификация веществ по агрегатным состояниям и размерным характеристикам.
2. Терминологические подходы к описанию понятия «наноматериал».
3. Критический размер существования нанокристаллического материала.

4. Доля границ раздела в общем объеме наноматериала.
5. Возникновение новых качеств при уменьшении объема вещества.
6. Кристаллические структуры.
7. Трехмерные и двумерные решетки Браве – примитивная и элементарная ячейки.
8. Дальний и ближний порядок.
9. Ячейки Вороного.
10. Элементы теории симметрии.
11. Типы связей в материалах: молекулярная и ионная связи; спин как основа ковалентной связи; кристаллы с водородной связью; металлическая связь и модель Друде.
12. Нанопредметы.
13. Микропредметы.
14. Массивные наноматериалы: однофазные и многофазные. Композиты с компонентами из наноматериалов.
15. Гомогенное зародышеобразование.
16. Гетерогенное возникновение источника новой фазы.
17. Скорость нормального роста кристалла.
18. Рост ступенек на поверхности зародыша.
19. Причины различий размеров нанопредметов. Кривые свободной энергии для различных фазовых.
20. Модель Колмогорова - Джонсона – Мэла – Аврами.
21. Представление Аррениуса.
22. Термодинамика «размытых» фазовых переходов.
23. Модель идеальных структур. «Фаза пустоты» и «размытый» фазовый переход.
24. Фуллерены, фуллериты, нанотрубки.
25. Основные области применения наноматериалов и нанотехнологий: конструкционные материалы, инструментальные материалы, производственные технологии, триботехника, военное дело, ядерная энергетика, электромагнитная и электронная техника, защита поверхности материалов, медицина и биотехника.
26. Золь - гель метод.
27. Гидро- и сольвоотермальный синтез.
28. Хемосорбционное наращивание слоев.
29. Метод молекулярного наслаивания.
30. Ионное наслаивание или «слой за слоем».
31. Осаждение наночастиц из газовой среды. Плазмохимический метод получения нанопредметов.
32. Эпитаксиальная самосборка гетероструктур.
33. Граничная поверхность.
34. Поверхностные силы. Адсорбция.
35. Периодический потенциал кристаллов. Электронно – дырочный газ и эффекты Холла. Формирование поверхностных периодических структур.
36. Рентгенографические методы анализа аморфных и нанокompозитных структур
37. Применение метода малоуглового рассеяния рентгеновских лучей для анализа структуры аморфных сплавов и нанопазовых композитов.
38. Электронномикроскопические методы исследования структуры сплавов с аморфной и аморфно-кристаллической структурой.
39. Эффективные коэффициенты диффузии, контролирующие кристаллизацию стекол. Механические свойства металлических стекол.
40. Механизмы диффузии в неупорядоченных структурах. Механизмы и кинетика процессов структурной релаксации в металлических стеклах.
41. Влияние релаксационных процессов на структуру и свойства аморфных сплавов. Стеклообразный переход в расплавах и стеклах.

42. Механизмы и кинетика кристаллизации аморфных сплавов.
43. Механизмы зарождения кристаллов в расплавах и стеклах. Механизмы процессов роста кристаллов в аморфных сплавах. Методы исследования кристаллизации аморфных фаз.
44. Термодинамические и кинетические параметры, контролирующие зарождение и рост кристаллов в аморфных сплавах.
45. Закономерности формирования нанокристаллических фаз в аморфных сплавах. Магнитные и механические свойства сплавов с нанокомпозитной структурой. Эвтектическая кристаллизация расплавов и стекол.
46. Механизмы стационарного и нестационарного процесса роста

## 7.2. Темы докладов (рефератов)

1. Виды плазмонов.
2. Плазмонные состояния.
3. Фотонные кристаллы.
4. Дифракционная оптика.
5. Перемещение фотонов в кристаллах.
6. Акустические и оптические колебания.
7. Оптические процессы в наноструктурах.
8. Метаматериалы.
9. Перекрестные термические эффекты.
10. Порошковая металлургия.
11. Аморфизация.
12. Технология обработки поверхности.
13. Наноматериалы и их применение.
14. Взаимодействие спина с магнитным полем.
15. Основы теории магнетизма.
16. Наноизделия.
17. Микроизделия.
18. Массивные наноматериалы: однофазные и многофазные.
19. Композиты с компонентами из наноматериалов.
20. Особенности свойств наноматериалов.

## 7.3. Темы письменных работ (типы задач)

- Уравнения Ланжевена и нанотрибология. Stick – slip процессы.
- Карбин, графен и графан, графит
- Кристаллические структуры и типы кристаллов. Решетки Браве: коэффициент упаковки, индексы Миллера и элементы симметрии.
- Излучения трех типов и закон Брэгга. Метод Лауэ. Метод вращения кристалла. Метод порошка.
- Обратная решетка. Зоны Бриллюэна. Структурный фактор базиса и атомный фактор или форм – фактор
- Температурная зависимость линий отражения - фактор Дебая – Уоллера.
- Кристаллы инертных газов. Силы Ван – дер – Вальса – Лондона. Равновесные постоянные решетки. Энергия связи. Сжимаемость и объемный модуль упругости.
- Ионные кристаллы. Энергия Маделунга или электростатическая энергия. Постоянная Маделунга. Объемный модуль упругости.
- Ковалентные кристаллы. Гомополярная связь. Роль спина и принцип Паули. Роль взаимной ориентации спинов в формировании кулоновской энергии - обменная энергия.



- Кристаллы с водородными связями. Основные понятия молекулярной генетики: тимин, аденин, цитазин, гуанин.
  - Металлическая связь. Модель Друде. Функция распределения ферми частиц. Ферми- и Бозе- частицы. Электростатическая энергия Эвальда.
- Связанные объекты  $nD$  – нанообъектов.
- Хаос, шум, эргодичность, перемешивание
- Когерентность и локализация. Мезоскопические флуктуации.
- Тепловые и квантовые флуктуации. Модель среднего поля и уравнения Гинзбурга – Ландау. Моноэлектронные эффекты. Холловская жидкость
- Уравнение Лапласа и фрактальные кластеры. Фазовые переходы в нанокластерах.
- преобразование Фурье (нахождение преобразования Фурье, восстановление функции по преобразованию Фурье);
  - преобразование Лапласа и его применения (нахождение изображения и оригинала, решение дифференциальных уравнений при помощи операционного исчисления).
- Контрольная работа по проверке теоретических знаний – по всем темам, с использованием указанных выше контрольных вопросов.

#### 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	Второй
Дисциплина	Процессы получения наночастиц и наноматериалов

#### Экзаменационный билет № 1

1. Поверхностные силы. Адсорбция.
2. Причины различий размеров нанообъектов.
3. Термодинамические и кинетические параметры, контролирующие зарождение и рост кристаллов в аморфных сплавах.

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 2

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. Юрченко В.М. Процессы получения наночастиц и наноматериалов/ В.М. Юрченко, С. В. Терехов, Т.Н.Мельник ; ГОУ ВПО "Донецкий национальный университет", Физико-технический факультет, Кафедра теоретической физики и нанотехнологий. - Донецк : ДонНУ, 2020. - Электронные текстовые данные (1 файл).

2. Юрченко В.М. 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 : ДонНУ, 2019. - Электронные текстовые 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. 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).

### 10.2. Дополнительная литература

1. Гусев А. И. Наноматериалы, наноструктуры, нанотехнологии / А. И. Гусев. – Изд. 2-е. – Москва: Физматлит, 2009. – 414 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.

3. Суздалев, И. П. Нанотехнология : физико-химия нанокластеров, наноструктур и наноматериалов / И. П. Суздалев. - 2-е изд. - Москва : URSS : Либроком, 2009. - 589 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).