

**Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Российский химико-технологический университет
имени Д.И. Менделеева»**

«УТВЕРЖДЕНО»

на заседании Ученого совета

РХТУ им. Д.И. Менделеева

протокол № 30 от «30» июня 2025 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«Деловой иностранный язык»

Направление подготовки 28.04.02 Наноинженерия

Магистерская программа – «Материалы и технологии наноинженерии»

Квалификация «магистр»

Москва 2025

Программа составлена:

Зав. кафедрой иностранных языков, к.филол.н, к.э.н., доцентом Кузнецовым И.А.,
Профессором, д.п.н., к.х.н. Кузнецовой Т.И.

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры иностранных языков
«30» июня 2025 г., протокол № 10.

1. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

Программа составлена в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования – магистратура по направлению подготовки **28.04.02 Наноинженерия** (ФГОС ВО), накопленным опытом преподавания дисциплины кафедрой **Иностранных языков** РХТУ им. Д.И. Менделеева. Программа рассчитана на изучение дисциплины в течение одного семестра.

Дисциплина **«Деловой иностранный язык»** относится к обязательной части блока 1 дисциплин учебного плана. Программа дисциплины предполагает, что обучающиеся имеют теоретическую и практическую подготовку в области иностранного языка и навыки, приобретенные в ходе изучения дисциплины «Иностранный язык» уровень бакалавриата.

Цель дисциплины – приобретение обучающимися общей, коммуникативной и профессиональной компетенций, уровень которых на отдельных этапах языковой подготовки позволяет использовать иностранный язык как в профессиональной деятельности в сфере делового общения, так и для целей самообразования, а также выполнять различные виды профессионально ориентированного перевода в производственной и научной деятельности.

Задачи дисциплины:

- формирование навыков профессионально-ориентированного и делового общения на иностранном языке в виде письменной и устной речи путем создания у магистров пассивного и активного запаса лексики, в том числе деловой, общенаучной и специальной терминологии, необходимой для работы над типовыми текстами, ознакомления с грамматическими структурами, типичными для стиля деловой речи;

- формирование базовых навыков перевода, на основе рекомендованных в программе учебников и учебных пособий по иностранным языкам для химических вузов.

Дисциплина **«Деловой иностранный язык»** преподается в 1 семестре (очная форма обучения). Контроль успеваемости студентов ведется по принятой в университете рейтинговой системе.

Рабочая программа дисциплины может быть реализована с применением электронных образовательных технологий и электронного обучения полностью или частично.

2. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Изучение дисциплины направлено на приобретение следующих **компетенций и индикаторов их достижения:**

Универсальные компетенции и индикаторы их достижения:

Наименование категории (группы) УК	Код и наименование УК	Код и наименование индикатора достижения УК
Коммуникации	УК-4. Способен применять современные коммуникативные технологии, в том числе на иностранном(ых) языке(ах), для академического и профессионального взаимодействия	УК-4.1 Знает методы и технологии коммуникации для академического и профессионального взаимодействия на государственном и иностранном языках; УК-4.2 Умеет представлять результаты академической и профессиональной деятельности на различных мероприятиях, включая международные; УК-4.3 Владеет интегративными умениями, необходимыми для написания, письменного перевода и редактирования различных текстов (рефератов, обзоров, статей и т. д.);
Межкультурное взаимодействие	УК-5. Способен анализировать и учитывать разнообразие культур в процессе межкультурного взаимодействия	УК-5.1 Знает аспекты проявления межкультурных и лингвокультурных конфликтов; УК-5.2 Умеет адекватно выстраивать стратегию успешного взаимодействия с людьми различного социального и культурного происхождения; УК-5.3 Владеет навыками создания недискриминационной межкультурной среды взаимодействия при выполнении профессиональных задач.

В результате изучения дисциплины студент магистратуры должен:

Знать:

- основные способы сочетаемости лексических единиц и основные словообразовательные модели;
- русские эквиваленты основных слов и выражений профессиональной речи;
- основные приемы и методы реферирования и аннотирования литературы по специальности;
- пассивную и активную лексику, в том числе общенаучную и специальную терминологию, необходимую для работы над типовыми текстами;
- приемы работы с оригинальной литературой по специальности.

Уметь:

- вести деловую переписку на изучаемом языке;
- работать с оригинальной литературой по специальности;
- работать со словарем;
- вести речевую деятельность применительно к сфере деловой и профессиональной коммуникации.

Владеть:

- иностранным языком на уровне делового и профессионального общения, навыками и умениями речевой деятельности применительно к сфере деловой и профессиональной коммуникации, основами публичной речи;
- формами деловой переписки, навыками подготовки текстовых документов в управленческой деятельности;
- основной иноязычной терминологией специальности;
- основами реферирования и аннотирования литературы по специальности.

3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ

Для очной формы обучения

Вид учебной работы	Объем дисциплины		
	ЗЕ	Акад. ч.	Астр. ч.
Общая трудоемкость дисциплины	3,0	108,0	81,0
Контактная работа – аудиторные занятия:	0,9	34,0	25,5
Практические занятия (ПЗ)	0,9	34,0	25,5
Самостоятельная работа	1,4	47,0	35,25
Контактная самостоятельная работа	1,4	0,0	0,0
Самостоятельное изучение разделов дисциплины		47,0	35,25
Виды контроля:			
Экзамен	0,7	27,0	20,25
Контактная работа – промежуточная аттестация	0,7	0,2	0,15
Подготовка к экзамену		26,8	20,1
Вид итогового контроля:	Экзамен		

4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1. Разделы дисциплины и виды занятий

Очная форма обучения

№ п/п	Раздел дисциплины	Академ. Часов				
		Всего	Лек- ции	Прак. зан.	Лаб. рабо- ты	Сам. рабо- та
1.	Раздел 1. Грамматические аспекты делового общения на иностранном языке.	27	-	12	-	15
1.1	Грамматические трудности изучаемого языка: Видовременные формы глагола в действительном залоге. (в письменной и устной речи в сфере делового общения.)	6	-	2	-	4
1.2	Особенности употребления страдательного залога в устной речи в ситуациях бизнес общения. Инфинитив. Образование и употребление инфинитивных оборотов в деловой корреспонденции.	8	-	4	-	4
1.3	Основы деловой корреспонденции. Деловое письмо. Требования к деловому письму. Способы расположения текста в деловом письме.	6	-	2	-	4
1.4	Практика устной речи по теме «Речевой этикет делового общения» (знакомство, представление, установление и поддержание контакта, запрос и сообщение информации, побуждение к действию, выражение просьбы, согласия).	7	-	4	-	3
2.	Раздел 2. Чтение, перевод и особенности специальной бизнес-литературы.	28	-	12	-	16
2.1	Лексические особенности деловой документации. Терминология бизнес-литературы на изучаемом языке.	6	-	2	-	4
2.2	Стилистические и лексические особенности языка делового общения. Активный и пассивный тематический словарный запас.	8	-	4	-	4
2.3	Грамматические трудности изучаемого языка. Особенности употребления неличных форм глагола в деловой документации на английском языке (причастия, причастные обороты, герундий).	6	-	2	-	4

2.4	Изучающее чтение текстов в сфере делового общения. Организация работы со специальными словарями. Понятие о реферировании текстов по специальности.	8	-	4		4
3.	Раздел 3. Профессиональная коммуникация в сфере делового общения	26	-	10	-	16
3.1	Практика устной речи по темам: «Проведение деловой встречи», «Заключение контракта». Устный обмен информацией: Устные контакты в ситуациях делового общения.	6	-	2	-	4
3.2	Изучающее чтение специальных текстов. Приемы работы со словарем. Составление рефератов и аннотаций.	8	-	4	-	4
3.3	Ознакомительное чтение по тематике: «В банке. Финансы»; «Деловые письма»; «Устройство на работу». Формы делового письма. Понятие деловой корреспонденции. Приемы работы с Интернетом и электронной почтой в процессе делового общения.	6	-	2	-	4
3.4	Презентация научного материала и разговорная практика делового общения по темам: «технологии будущего», «Бизнес проекты в сфере химии и химической технологии».	6	-	2	-	4
	Экзамен	27				
	ИТОГО	108	-	34	-	47

4.2 Содержание разделов дисциплины

Раздел 1. Грамматические аспекты делового общения на иностранном языке.

- 1.1 Грамматические трудности изучаемого языка: Видовременные формы глагола в действительном залоге (в письменной и устной речи в сфере делового общения.)
- 1.2 Особенности употребления страдательного залога в устной речи в ситуациях бизнес общения. Инфинитив. Образование и употребление инфинитивных оборотов в деловой корреспонденции.
- 1.3 Основы деловой корреспонденции. Деловое письмо. Требования к деловому письму. Способы расположения текста в деловом письме.
- 1.4 Практика устной речи по теме «Речевой этикет делового общения» (знакомство, представление, установление и поддержание контакта, запрос и сообщение информации, побуждение к действию, выражение просьбы, согласия).

Раздел 2. Чтение, перевод и особенности специальной бизнес-литературы.

- 2.1 Лексические особенности деловой документации. Терминология бизнес-литературы на изучаемом языке.
- 2.2 Стилистические и лексические особенности языка делового общения. Активный и пассивный тематический словарный запас.
- 2.3 Грамматические трудности изучаемого языка. Особенности употребления неличных форм глагола в деловой документации на английском языке (причастия, причастные обороты, герундий).
- 2.4 Изучающее чтение текстов в сфере делового общения. Организация работы со специальными словарями. Понятие о реферировании текстов по специальности.

Раздел 3. Профессиональная коммуникация в сфере делового общения.

- 3.1 Практика устной речи по темам: «Проведение деловой встречи», «Заключение контракта». Устный обмен информацией: Устные контакты в ситуациях делового общения.
- 3.2 Изучающее чтение специальных текстов. Приемы работы со словарем. Составление рефератов и аннотаций.
- 3.3 Ознакомительное чтение по тематике: «В банке. Финансы»; «Деловые письма»; «Устройство на работу». Формы делового письма. Понятие деловой корреспонденции. Приемы работы с Интернетом и электронной почтой в процессе делового общения.
- 3.4 Презентация научного материала и разговорная практика делового общения по темам: «технологии будущего», «Бизнес проекты в сфере химии и химической технологии».

5. СООТВЕТСТВИЕ СОДЕРЖАНИЯ ТРЕБОВАНИЙ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

№	В результате освоения дисциплины студент должен:	Раздел 1	Раздел 2	Раздел 3
	Знать:			
1	– основные способы сочетаемости лексических единиц и основные словообразовательные модели;		+	
2	– русские эквиваленты основных слов и выражений профессиональной речи;	+	+	+
3	– основные приемы и методы реферирования и аннотирования литературы по специальности;	+	+	+
4	– пассивную и активную лексику, в том числе общенаучную и специальную терминологию, необходимую для работы над типовыми текстами;	+		+
5	– приемы работы с оригинальной литературой по специальности		+	+
	Уметь:			
6	– вести деловую переписку на изучаемом языке;	+	+	+
7	– работать с оригинальной литературой по специальности;	+	+	+
8	– работать со словарем;	+	+	+
9	– вести речевую деятельность применительно к сфере деловой и профессиональной коммуникации			+
	Владеть:			
10	– иностранным языком на уровне делового и профессионального общения, навыками и умениями речевой деятельности применительно к сфере деловой и профессиональной коммуникации, основами публичной речи;	+	+	
11	– формами деловой переписки, навыками подготовки текстовых документов в управленческой деятельности;		+	+
12	– основной иноязычной терминологией специальности;	+	+	
13	– основами реферирования и аннотирования литературы по специальности			+
В результате освоения дисциплины студент должен приобрести следующие <u>универсальные компетенции и индикаторы их достижения</u> :				
	Код и наименование УК	Код и наименование индикатора достижения УК		
14	УК-4. Способен применять современные коммуникативные технологии, в том числе на иностранном(ых) языке(ах), для академического и профессионального	– УК-4.1 Знает методы и технологии коммуникации для академического и профессионального взаимодействия на государственном и иностранном языках;	+	+

	взаимодействия	– УК-4.2 Умеет представлять результаты академической и профессиональной деятельности на различных мероприятиях, включая международные;	+	+	+
		– УК-4.3 Владеет интегративными умениями, необходимыми для написания, письменного перевода и редактирования различных текстов (рефератов, обзоров, статей и т. д.);	+	+	+
15	– УК-5. Способен анализировать и учитывать разнообразие культур в процессе межкультурного взаимодействия.	– УК-5.1 Знает аспекты проявления межкультурных и лингвокультурных конфликтов;	+	+	+
		– УК-5.2 Умеет адекватно выстраивать стратегию успешного взаимодействия с людьми различного социального и культурного происхождения;	+	+	+
		– УК-5.3 Владеет навыками создания недискриминационной межкультурной среды взаимодействия при выполнении профессиональных задач.	+	+	+

6. ПРАКТИЧЕСКИЕ И ЛАБОРАТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ

6.1. Практические занятия

Примерные темы практических занятий по дисциплине.

Очная форма обучения

№ п/п	№ раздела дисциплины	Темы практических (семинарских) занятий	Часы
1.	Раздел 1	Практическое занятие 1. Грамматические трудности изучаемого языка: Видовременные формы глагола в действительном залоге. (в письменной и устной речи в сфере делового общения.)	2
2.	Раздел 1	Практическое занятие 2. Особенности употребления страдательного залога в устной речи в ситуациях бизнес общения. Инфинитив. Образование и употребление инфинитивных оборотов в деловой корреспонденции.	4
3.	Раздел 1	Практическое занятие 3. Основы деловой корреспонденции. Деловое письмо. Требования к деловому письму. Способы расположения текста в деловом письме.	2
4.	Раздел 1	Практическое занятие 4. Практика устной речи по теме. «Речевой этикет делового общения» (знакомство, представление, установление и поддержание контакта, запрос и сообщение информации, побуждение к действию, выражение просьбы, согласия).	4
5.	Раздел 2	Практическое занятие 5. Лексические особенности деловой документации. Терминология бизнес-литературы на изучаемом языке.	2
6.	Раздел 2	Практическое занятие 6. Стилистические и лексические особенности языка делового общения. Активный и пассивный тематический словарный запас.	4
7.	Раздел 2	Практическое занятие 7. Грамматические трудности изучаемого языка. Особенности употребления неличных форм глагола в деловой документации на английском языке (причастия, причастные обороты, герундий).	2
8.	Раздел 2	Практическое занятие 8. Изучающее чтение текстов в сфере делового общения. Организация работы со специальными словарями. Понятие о реферировании текстов по специальности.	4
9.	Раздел 3	Практическое занятие 9. Практика устной речи по темам: «Проведение деловой встречи», «Заключение контракта». Устный обмен информацией: Устные контакты в ситуациях делового общения.	2
10.	Раздел 3	Практическое занятие 10. Изучающее чтение специальных текстов. Приемы работы со словарем. Составление рефератов и аннотаций.	4
11.	Раздел 3	Практическое занятие 11. Ознакомительное чтение по тематике: «В банке. Финансы»; «Деловые письма»; «Устройство на работу». Формы делового письма. Понятие деловой корреспонденции. Приемы работы с Интернетом и электронной почтой в процессе делового общения.	2

12.	Раздел 3	Практическое занятие 12. Презентация научного материала и разговорная практика делового общения по темам: «технологии будущего», «Бизнес проекты в сфере химии и химической технологии».	2
-----	----------	--	---

6.2 Лабораторные занятия

Лабораторные занятия по дисциплине не предусмотрены

7. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА

Самостоятельная работа проводится с целью углубления знаний по дисциплине и предусматривает:

- ознакомление и проработку рекомендованной литературы, работу с электронно-библиотечными системами, включая переводы публикаций из научных журналов, цитируемых в базах Scopus, Web of Science, Chemical Abstracts, РИНЦ;
- посещение отраслевых выставок и семинаров;
- участие в семинарах РХТУ им. И. Менделеева по тематике дисциплины;
- выполнение упражнений и тестовых заданий по тематике дисциплины;
- самостоятельную проработку теоретического материала по темам занятий;
- подготовку к выполнению контрольных работ по материалу практического курса;
- подготовку к сдаче *экзамена* (1 семестр) по дисциплине.

Планирование времени на самостоятельную работу, необходимого на изучение дисциплины, студентам лучше всего осуществлять на весь период изучения, предусматривая при этом регулярное повторение пройденного материала. Материал, законспектированный на лекциях, необходимо регулярно дополнять сведениями из литературных источников, представленных в рабочей программе. При работе с указанными источниками рекомендуется составлять краткий конспект материала, с обязательным фиксированием библиографических данных источника.

8. ПРИМЕРЫ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Совокупная оценка по дисциплине складывается из оценок за выполнение контрольных работ (максимальная оценка 60 баллов) и оценки за *экзамен* (максимальная оценка 40 баллов).

8.1. Примерная тематика реферативно-аналитической работы.

Тематика рефератов не предусмотрена.

8.2. Примеры контрольных вопросов для текущего контроля освоения дисциплины

Для текущего контроля предусмотрено 3 контрольных работы (по одной контрольной работе по каждому разделу). Максимальная оценка за контрольную работу 1 составляет: 20 баллов; за контрольную работу 2 – 20 баллов; за контрольную работу 3 – 20 баллов (1 семестр).

Раздел 1. Контрольная работа № 1.

Примеры заданий к контрольной работе № 1.

Контрольная работа содержит 3 задания:

1 задание: перевод текста с листа – 10 баллов,

2 задание: контроль лексики (50 лексических единиц) – 5 баллов,

3 задание: письменный перевод предложений на видовременные формы английского глагола – 5 баллов,

оценка за домашнюю работу и работу в аудитории – 5 баллов.

1. Прочитайте текст с последующим переводом с листа, обращая внимание на употребление видовременных форм глагола в действительном залоге.

Water purification

Water purification is the removal of contaminants from raw water to produce drinking water that is pure enough for human consumption or for industrial use. Substances that are removed during the process include parasites, bacteria, algae, viruses, fungi, minerals (including toxic metals such as Lead, Copper etc.), and man-made chemical pollutants. Many contaminants can be dangerous—but depending on the quality standards, others are removed to improve the water's smell, taste, and appearance. A small amount of disinfectant is usually intentionally left in the water at the end of the treatment process to reduce the risk of re-contamination in the distribution system. Many environmental and cost considerations affect the location and design of water purification plants. There are a number of methods commonly used to purify water. Their effectiveness is linked to the type of contaminant being treated and the type of application the water will be used for.

Filtration: This process can take the form of any of the following:

- Coarse filtration: Also called particle filtration, it can utilize anything from a 1 mm sand filter, to a filter.
- Micro filtration: Uses 1 to 0.1 micron devices to filter out bacteria. A typical implementation of this technique can be found in the brewing process.
- Ultra filtration: Removes pyroxenes, DNA and RNA fragments.
- Reverse osmosis: Often referred to as RO, reverse osmosis is the most refined degree of liquid filtration. Instead of a filter, it uses a porous material acting as a unidirectional sieve that can separate molecular-sized particles.

Distillation: Oldest method of purification. Inexpensive but cannot be used for an on-demand process. Water must be distilled and then stored for later use, making it again prone to contamination if not stored properly. Activated carbon adsorption: Operates like a magnet on chlorine and organic compounds. Ultraviolet radiation: At a certain wavelength, this might cause bacteria to be sterilized and other micro organics to be broken down. Deionization: Also known as ion exchange, it is used for producing purified water on-demand, by passing water through resin beds. Negatively charged (cationic) resin removes positive ions, while positively charged one (anionic) removes negative ions. Continuous monitoring and maintenance of the cartridges can produce the purest water.

2.Контроль лексики – 50 лексических единиц.

3. Перевод предложений на пройденный лексико-грамматический материал

The students were writing down all the data during the experiment.

The researchers will complete the experimental part of their investigation in a week.

They had already completed the experiment when he came.

This technician will have installed the new equipment in our lab by the beginning of the new year.

The production of zinc occurred much later than that of the other common metals.

A number of scientists have confirmed this suggestion.

That matter may exist in three physical states (solid, liquid and gas) is common knowledge.

According to the wave theory, light consists of rapid vibrations.

In the course of his investigations of the solar spectrum, Kirchhoff obtained a number of fundamental results.

In 1911, Ernest Rutherford put forward a model of the atom according to which the atom consists of a small, heavy, charged central nucleus surrounded by a charge distribution of the opposite sign.

Раздел 2. Контрольная работа № 2.

Примеры заданий к контрольной работе № 2.

Контрольная работа содержит 5 заданий:

1 задание: Устный перевод текста – 10 баллов,

2 задание: Письменный перевод 10 предложений (без словаря) – 5 баллов,

3 задание: Контроль лексики (50 лексических единиц) – 5 баллов.

Прочитайте текст с последующим переводом с листа, обращая внимание на употребление видовременных форм глагола в страдательном залоге и на инфинитивные конструкции.

Solid wastes are generally composed of non-biodegradable and non-compostable biodegradable materials. The latter refer to solid wastes whose biodeterioration is not complete; in the sense that the enzymes of microbial communities that feed on its residues cannot cause its disappearance or conversion into another compound. Parts of liquid waste materials are also considered as solid wastes, where the dredging of liquid wastes will leave solid sedimentation, to which proper waste management techniques should also be applied. Solid waste pollution is when the environment is filled with non-biodegradable and non-compostable biodegradable wastes that are capable of emitting greenhouse gases, toxic fumes, and particulate matters as they accumulate in open landfills. These wastes are also capable of leaching organic or chemical compositions to contaminate the ground where such wastes lay in accumulation. Solid wastes carelessly thrown in streets, highways, and alleyways can cause pollution when they are carried off by rainwater run-offs or by flood water to the main streams, as these contaminating residues will reach larger bodies of water.

2. Письменно переведите предложения (без словаря):

The engine to be installed in this car is very powerful.

Most scientists expect major development in the nearest future to take place in biology.

One will naturally think such course of events to be disastrous not only for science but for future of mankind.

He is not only critical of the work of others, but also of his own, since he knows the man to be the least reliable of scientific instruments.

The theory suggested by Dr. McCarty is reported to fit the experimental data.

For any natural physical state to change, some changes of the condition acting upon this state must occur.

We know acids and bases to be extremely useful substance.

In this experiment scientists seemed to have included some new compounds.

To understand the nature of this phenomenon was very difficult.

The purpose of this experiment is to find a solvent for this mixture.

3. Контроль лексики – 50 лексических единиц

Контрольная работа №3. Примеры заданий к контрольной работе №3.

Контрольная работа №3 содержит 3 задания:

1 задание: перевод статьи и составление к ней аннотации – 10 баллов,

2 задание: письменный перевод предложений, содержащих пройденные грамматические конструкции – 5 баллов,

3 задание: контроль лексики (50 лексических единиц) – 5 баллов,

1. Переведите статью и составьте к ней аннотацию:

What Are the Causes of Solid Waste Pollution?

Causes of solid waste pollution are pollutants from households, industrial units, manufacturing units, commercial establishments, landfills, hospitals and medical clinics. The

pollutants from these places may be in the form of non-biodegradable matter or non-compostable degradable matter.

Trash collected from households often takes the form of plastic bags and organic waste. Solid feces flowing out of homes and into sewers pollute underground water. Commercial establishments also pile up a lot of such waste matter. Industrial units involved in manufacturing produce toxic solid waste, such as slag, from the industrial process of obtaining metals from their ores.

Hospitals and clinics also produce waste in the form of disposable syringes, used test tubes, plastic bags used for collecting blood, cotton swabs and used bandages. Such solid waste needs careful handling and disposal. The soil becomes polluted with dangerous medical waste when such matter is disposed of directly into landfills.

Solid waste is usually dumped in landfills. Landfills are large pits in the ground that act as garbage disposal places. The biodegradable matter in landfills becomes a part of the soil gradually. The toxic non-biodegradable and non-compostable matter poses a health hazard as it does not decompose but mixes with the soil and the underground water.

Industrial incinerators are used to burn trash on a large scale. They cause pollution by emitting greenhouse gases while burning solid waste.

Recycling reduces pollution by cutting down on the amount of waste that sits in landfills and clutter that dirties streets, parks, roadsides, rivers and lakes. Solid waste material that ends up in landfills causes air pollution in the form of methane gas emissions. Recycling more waste reduces the amount of methane that escapes into the air. Recycling also reducing the production of virgin resources which process contributes to pollution.

When products such as glass, paper, plastic, wood and metals are thrown away and left to rot in a landfill, their presence leads to increased pollution. Likewise, trash that is thrown on the ground by pedestrians and motorists increases pollution. That debris scatters about and becomes an eyesore and environmental hazard.

Reclaiming city streets, parks, highways and waterways from the pollution created by trash and debris is a major priority for most cities across the United States. Pollution must constantly be monitored so that it does not get out of control and become overly destructive to the environment. When people are careless with trash, their behavior can ruin land and important waterways.

In a world that is increasingly crowded, recycling is crucial in order to prevent the further sprawl of toxic landfills that threaten the delicate balance of the ecosystem. Support the planet by separating recyclable materials into bins or taking materials to recycling centers.

2. Письменно переведите предложения (без словаря)

1. The phlogiston theory is a theory that postulated that a fire-like element called phlogiston is contained within combustible bodies and released during combustion.

2. The theory attempted to explain burning processes such as combustion and rusting, which are now collectively known as oxidation.

3. The theory of phlogiston was suggested by the German Georg Ernst Stahl in the early 18th century

4. Phlogiston remained the dominant theory until the 1780s when Lavoisier showed that combustion requires a gas that has mass (oxygen) and could be measured by means of weighing closed vessels

5. The development of the electrochemical theory of chemical combinations occurred in the early 19th century as the result of the work of two scientists in particular.

6. Davy discovered nine new elements including the alkali metals by extracting them from their oxides with electric current.

7. The current model of atomic structure is the quantum mechanical model.

8. Traditional chemistry starts with the study of elementary particles, atoms, molecules, substances, metals, crystals and etc.

9. This matter can be studied in solid, liquid, or gas states, in isolation or in combination.

10. The interactions, reactions and transformations that are studied in chemistry are usually the result of interactions between atoms, leading to rearrangements of the chemical bonds which hold atoms together.

3. Контроль лексики – 50 лексических единиц

8.3. Вопросы для итогового контроля освоения дисциплины (1 семестр – экзамен).

Билет для *экзамена* включает контрольные вопросы по разделам 1-3 рабочей программы дисциплины и содержит 3 вопроса. 1 вопрос – 15 баллов, вопрос 2 – 15 баллов, вопрос 3 – 10 баллов.

Примерный перечень вопросов:

1. Лексическая система языка.
2. Слово как важнейшая, относительно самостоятельная единица языка. Слово и его дефиниции. Обобщающая функция слова.
3. Лексическое значение слова. О понятии «лексика».
4. Науки, изучающие лексику (лексикология, семасиология, лексикография, фразеология, этимология и др.).
5. Пути пополнения лексики: развитие полисемии, заимствования, в том числе калькирование, словообразование.
6. Историческое изменение словарного состава языка. Этимология. Фразеология.
7. Лексикография. Основные типы лингвистических словарей.
8. Строение словарной статьи толкового и двуязычного словаря. Содержание словарной статьи.
9. Грамматический строй языка.
10. Основные единицы грамматического строя языка. Структура слова и словообразование.
11. Грамматическое значение и его формальные показатели.
12. Полифункциональность грамматических форм и взаимодействие грамматики с лексикой. Способы и средства выражения грамматических значений.
13. Грамматическая категория. Словоизменяемые и несловоизменяемые категории.
14. Классификации языков.
15. Принципы классификации языков: географический, культурно-исторический, этногенетический, типологический и др.
16. Индоевропейская языковая семья, её основные группы. Языки мёртвые и живые.
17. Праязык-основа. О прародине индоевропейского языка-основы.
18. Взаимодействие лингвистики с археологией, историей, этнографией и другими науками.

Фонд оценочных средств приведен в виде отдельного документа, являющегося неотъемлемой частью основной образовательной программы.

8.4. Структура и примеры билетов для экзамена (1 семестр)

Экзамен по дисциплине «*Деловой иностранный язык*» проводится в 1 семестре (очная форма обучения) и включает контрольные вопросы по разделам 1-3 учебной программы дисциплины. Билет для *экзамена* состоит из 3 вопросов, относящихся к указанным разделам.

Пример билета для экзамена:

«Утверждаю» Заведующая кафедрой иностранного языка (Должность, наименование кафедры) Кузнецова Т.И. (Подпись) (И. О. Фамилия) «__» _____ 202_ г.	Министерство науки и высшего образования РФ
	Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева
	Кафедра иностранных языков
	28.04.02 Наноинженерия Магистерская программа – «Материалы и технологии наноинженерии»
	Деловой иностранный язык
Билет № 1 1. Письменный перевод текста с английского языка на русский. 2. Устный перевод отрывка текста (с листа). 3. Сообщение и беседа по одной из пройденных тем Ответы на вопросы.	

1. Вопрос. Выполните письменный перевод текста с английского языка на русский (со словарем).

The term ecology is sometimes confused with the term environmentalism. Environmentalism is a social movement aimed at the goal of protecting natural resources or the environment, and which may involve political lobbying, activism, education, and so forth. Ecology is the science that studies living organisms and their interactions with the environment. As such, ecology involves scientific methodology and does not dictate what is "right" or "wrong." However, findings in ecology may be used to support or counter various goals, assertions, or actions of environmentalists.

Consider the ways an ecologist might approach studying the life of honeybees:

- The behavioural relationship between individuals of a species is behavioural ecology—for example, the study of the queen bee, and how she relates to the worker bees and the drones.
- The organized activity of a species is community ecology; for example, the activity of bees assures the pollination of flowering plants. Bee hives additionally produce honey, which is consumed by still other species, such as bears.
- The relationship between the environment and a species is environmental ecology—for example, the consequences of environmental change on bee activity. Bees may die out due to environmental changes. The environment simultaneously affects and is a consequence of this activity and is thus intertwined with the survival of the species.

2. Вопрос. Выполните устный перевод отрывка текста (с листа).

Hydroxide

Hydroxide is a chemical compound that contains the hydroxyl (-OH) radical. The term refers especially to inorganic compounds. Organic compounds that have the hydroxyl radical as a functional group are called alcohols; the hydroxyl radical is also present in the carboxyl group of organic acids. Most metal hydroxides are bases, forming solutions that have an excess of OH⁻ ions and a pH greater than 7, they neutralize acids, and change the colour of litmus from red to blue. Alkali metal hydroxides such as sodium hydroxide are considered to be strong bases and are very soluble in water; alkaline-earth metal hydroxides such as calcium hydroxide are much less soluble in water and are not as strongly basic. Magnesium hydroxide is only slightly basic. Some hydroxides (e.g., aluminium hydroxide) exhibit amphotericism¹, having either acidic or basic properties depending on the reaction in which they are involved. The hydroxides of some non-metallic elements are acidic; the hydroxide of sulphur, S(OH)₆, spontaneously loses two molecules of water to form sulphuric acid, H₂SO₄. Ammonium hydroxide, NH₄OH, is a weak base known only in the solution that is formed when the gas ammonia, NH₃, dissolves in water.

3. Вопрос: Беседа по теме: Mendeleev University.
1. Speak about the foundation and structure of the university.
2. What kind of subjects do you study?

9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

9.1. Рекомендуемая литература

А. Основная литература

1. Английский язык для химиков – технологов: учебно-методический комплекс в 2 ч.: учеб. пособие/. Кузнецова Т. И. Воловикова Е. В. Кузнецов И. А.; под ред. Т. И. Кузнецовой – М.: М. РХТУ, 2021 г. - 412 с.
2. Кузнецов, И. А., Кузнецова, Т. И., Дистанционный образовательный электронный курс «Английский язык для профессиональной коммуникации» размещённый в ЭСУО Moodle [Электронный ресурс]: учебное пособие / И. А. Кузнецов, Т. И. Кузнецова — Электрон. дан. — Москва: РХТУ, 2018.
3. Кузьменкова, Ю. Б. Английский язык для технических направлений (А1): учебное пособие для вузов / Ю. Б. Кузьменкова. — Москва: Издательство Юрайт, 2022. — 207 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-11608-3. — Текст: электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/495261> (дата обращения: 08.02.2024).
4. Беляева, И. В. Иностранный язык в сфере профессиональной коммуникации: комплексные учебные задания [Электронный ресурс]: учебное пособие / И. В. Беляева, Е. Ю. Нестеренко, Т.И. Сорогина. — Электрон. дан. — Москва: ФЛИНТА, 2017. — 132 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/92749>.
5. Английский язык для естественно-научных направлений: учебник и практикум для вузов / Л. В. Полубиченко, Е. Э. Кожарская, Н. Л. Моргун, Л. Н. Шевырдяева; под редакцией Л. В. Полубиченко. — Москва: Издательство Юрайт, 2022. — 311 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-15168-8. — Текст: электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/489569> (дата обращения: 08.02.2024).

Б. Дополнительная литература

1. Англо-русский словарь химико-технологических терминов / Е. С. Бушмелева, Л. К. Генг, А. А. Карпова, Т. П. Рассказова. — Москва: Издательство Юрайт, 2022. — 132 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-08001-8. — Текст: электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/493385> (дата обращения: 08.02.2024).
2. Стогниева, О. Н. Английский язык для ИТ-направлений. English for Information Technology: учебное пособие для вузов / О. Н. Стогниева. — Москва: Издательство Юрайт, 2022. — 143 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-07849-7. — Текст: электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/492791> (дата обращения: 08.02.2024).
3. Краснова, Т. И. Английский язык для специалистов в области интернет-технологий. English for Internet Technologies: учебное пособие для вузов / Т. И. Краснова, В. Н. Вичугов. — 2-е изд. — Москва: Издательство Юрайт, 2022. — 205 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-9916-8573-3. — Текст: электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/490272> (дата обращения: 08.02.2024).

9.2. Рекомендуемые источники научно-технической информации

- Раздаточный иллюстративный материал к лекциям.
 - Презентации к лекциям.
- Ресурсы информационно-телекоммуникационной сети Интернет:

- <http://www.openet.ru> – Система федеральных образовательных порталов. Система открытого образования. Консалтинговый центр ИОС ОО РФ;
 - <http://window.edu.ru/> – Информационная система «Единое окно доступа к образовательным ресурсам»;
 - <http://fepo.i-exam.ru> – ФЭПО: соответствие требованиям ФГОС;
 - <https://muctr.ru> – Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева, D.Mendeleev University of Chemical Technology of Russia. Учебные планы и программы;
 - <http://www.translators-union.ru> – портал Союз переводчиков России (СПР);
 - <http://www.russian-translators.ru> – Национальная лига переводчиков;
 - <http://www.internationalwriters.com> – The Translator's Tool Box.
- Бесплатные официальные открытые ресурсы Интернет:
- <http://doaj.org/> – Directory of Open Access Journals (DOAJ); ресурс объединяет более 10000 научных журналов по различным отраслям знаний (около 2 миллионов статей) из 134 стран мира;
 - <https://www.doabooks.org/> – Directory of Open Access Books (DOAB); в базе размещено более 3000 книг по различным отраслям знаний, предоставленных 122 научными издательствами;
 - <https://www.biomedcentral.com/> – BioMed Central; база данных включает более 300 рецензируемых журналов по биомедицине, медицине и естественным наукам. Все статьи, размещенные в базе, находятся в свободном доступе;
 - <https://arxiv.org/> – электронный ресурс arXiv; крупнейшим бесплатный архив электронных научных публикаций по разделам физики, математики, информатики, механики, астрономии и биологии. Имеется подробный тематический каталог и возможность поиска статей по множеству критериев;
 - <http://www.mdpi.com/> – коллекция журналов MDPI AG; междисциплинарный цифровой издательский ресурс, является платформой для рецензируемых научных журналов открытого доступа, издающихся MDPI AG (Базель, Швейцария). Издательство выпускает более 120 разнообразных электронных журналов, находящихся в открытом доступе;
 - <http://www.intechopen.com/> – издательство с открытым доступом InTech; первое и крупнейшее в мире издательство, публикующее книги в открытом доступе, около 2500 научных изданий. Основная тематическая направленность - физические и технические науки, технологии, медицинские науки, науки о жизни;
 - <http://www.chemspider.com/> – база данных химических соединений ChemSpider; ChemSpider – это бесплатная химическая база данных, предоставляющая быстрый доступ к более чем 28 миллионам структур, свойств и соответственной информации. Ресурс принадлежит Королевскому химическому обществу Великобритании (Royal Society of Chemistry);
 - <http://journals.plos.org/plosone/> – Коллекция журналов PLOS ONE; PLOS ONE – коллекция журналов, в которых публикуются отчеты о новых исследованиях в области естественных наук и медицины. Все журналы размещены в свободном доступе (Open Access), все статьи проходят строгое научное рецензирование;
 - <http://www.uspto.gov/> – US Patent and Trademark Office (USPTO); Ведомство по патентам и товарным знакам США — USPTO — предоставляет свободный доступ к американским патентам, опубликованным с 1976 г. по настоящее время;
 - <http://worldwide.espacenet.com/> – Espacenet - European Patent Office (EPO); Патенты (либо патентные заявки) более 50 национальных и нескольких международных патентных бюро, в том числе полные тексты патентов США, России, Франции, Японии и др.

– http://www1.fips.ru/wps/wcm/connect/content_ru/ru – Федеральный институт промышленной собственности (ФИПС).

Информационные ресурсы ФИПС свободного доступа:

- Электронные бюллетени. Изобретения. Полезные модели.
- Открытые реестры российских изобретений и заявок на изобретения.
- Рефераты российских патентных документов за 1994–2016 гг.
- Полные тексты российских патентных документов из последнего официального бюллетеня.

9.3. Средства обеспечения освоения дисциплины

Для реализации рабочей программы подготовлены следующие средства обеспечения освоения дисциплины:

- компьютерные презентации интерактивных практических занятий;
- банк тестовых заданий для текущего контроля освоения дисциплины (общее число вопросов -300);
- банк тестовых заданий для итогового контроля освоения дисциплины (общее число вопросов 300).
- онлайн-курсы на портале study.muctr.ru "Английский язык для профессиональной коммуникации" (<https://study.muctr.ru/course/view.php?id=220>), межфакультетский образовательный онлайн курс «Теория и практика перевода» (<https://study.muctr.ru/course/view.php?id=217>), аудиозаписи текстов, предусмотренных в программе для чтения и перевода в процессе обучения.

10. ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНОМ ПРОЦЕССЕ

Информационную поддержку изучения дисциплины осуществляет Информационно-библиотечный центр (ИБЦ) РХТУ им. Д.И. Менделеева, который обеспечивает обучающихся основной учебной, учебно-методической и научной литературой, необходимой для организации образовательного процесса по дисциплине. Общий объем многоотраслевого фонда ИБЦ на 01.01.2025 г. составляет 1 563 142 экз.

Фонд ИБЦ располагает учебной, учебно-методической и научно-технической литературой в форме печатных и электронных изданий, а также включает официальные, справочно-библиографические, специализированные отечественные и зарубежные периодические и информационные издания. ИБЦ обеспечивает доступ к профессиональным базам данных, информационным, справочным и поисковым системам.

Каждый обучающийся обеспечен свободным доступом из любой точки, в которой имеется доступ к сети Интернет и к электронно-библиотечной системе (ЭБС) Университета, которая содержит различные издания по основным изучаемым дисциплинам и сформирована по согласованию с правообладателями учебной и учебно-методической литературы.

Для более полного и оперативного справочно-библиографического и информационного обслуживания в ИБЦ реализована технология Электронной доставки документов.

Полный перечень электронных информационных ресурсов, используемых в процессе обучения, представлен в основной образовательной программе.

11. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

В соответствии с учебным планом занятия по дисциплине «*Иностранный язык*» проводятся в форме практических занятий и самостоятельной работы обучающегося.

11.1. Оборудование, необходимое в образовательном процессе:

Учебная аудитория, оборудованная электронными средствами демонстрации (компьютер со средствами звуковоспроизведения, проектор, экран) и учебной мебелью; библиотека, имеющая рабочие компьютерные места для студентов, оснащенные компьютерами с доступом к базам данных и выходом в Интернет. Компьютерный класс, оргтехника, теле-, аудио - и видеоаппаратура; мультимедийный проектор, широкоформатный экран.

11.2. Учебно-наглядные пособия:

Комплекты плакатов к разделам занятий.

11.3. Компьютеры, информационно-телекоммуникационные сети, аппаратно-программные и аудиовизуальные средства:

Персональные компьютеры, укомплектованные проигрывателями CD и DVD, принтерами и программными средствами; проекторы и экраны; цифровые камеры; копировальные аппараты; локальная сеть с выходом в Интернет.

11.4. Печатные и электронные образовательные и информационные ресурсы:

- информационно-методические материалы: учебные пособия по дисциплине; раздаточный материал к разделам занятий;
- электронные презентации к разделам занятий; учебно-методические разработки в электронном виде; справочные материалы в печатном и электронном виде;
- кафедральная библиотека электронных изданий и диссертационных работ, выполненных аспирантами и сотрудниками кафедры.

Электронные информационные ресурсы, доступные пользователям

РХТУ им. Д.И. Менделеева

в 2025 году (2 квартал)

Фонд ИБЦ на 01.01.2025 г. составляет 1 563 142 экз.

№	Электронный ресурс	Реквизиты договора (номер, дата заключения, срок действия), ссылка на сайт ЭБС, сумма договора, количество ключей	Характеристика библиотечного фонда, доступ к которому предоставляется договором
1.	Электронно - библиотечная система ИБЦ РХТУ им. Д.И. Менделеева (на базе АИБС «Ирбис»)	Принадлежность – собственная РХТУ. Ссылка на сайт ЭБС – http://lib.muctr.ru/ Доступ для пользователей РХТУ с любого компьютера	Электронные версии учебных и научных изданий авторов РХТУ по всем ООП.
2.	CAS SciFinder Discovery Platform	Принадлежность – сторонняя Национальная подписка (Минобрнауки+ РФФИ) Информационное письмо РФФИ	CAS SciFinder Discovery Platform - платформа, созданная Chemical Abstracts Service подразделением Американского химического общества.

		от 05.05.2025 г. № 327 С 01.01.2025.г. до 30.06.2025 г. Ссылка на сайт- https://scifinder-n.cas.org Количество ключей – доступ для пользователей РХТУ по IP-адресам неограничен.	CAS SciFinder - онлайн-сервис, обеспечивающий поиск и анализ информации в области химии, биохимии, фармацевтики, генетики, химической инженерии, материаловедения, нанотехнологий, физики, геологии, металлургии и других смежных дисциплин.
3.	Wiley Journals Database	Принадлежность – сторонняя Национальная подписка (Минобрнауки+ РФФИ) Информационное письмо РФФИ от 05.05.2025 г. № 326, 329 С 01.01.2025.г. до 30.06.2025 г. Ссылка на сайт- https://onlinelibrary.wiley.com Количество ключей – доступ для пользователей РХТУ по IP-адресам неограничен. Настройка удаленного доступа: https://www.wiley.com/en-us/customer-success/brightcove-research-training/how-to-access-wiley-online-library-content-remotely	John Wiley & Sons, Inc. – крупнейшее академическое издательство с мультидисциплинарным контентом. В портфолио издательства более 1600 научных рецензируемых журналов, 22 000 книг и монографий, а также 250 справочников и энциклопедий. Wiley Journal Database и Wiley Journal Backfiles – полнотекстовые коллекции, которые включают в себя как текущие, так и архивные выпуски из более чем 1700 журналов издательства, охватывающие такие области как гуманитарные, естественные, общественные и технические науки, а также сельское хозяйство, медицину и здравоохранение. Глубина доступа: 1997 - 2004 гг. (до 30.06.2025 г.); 2025 г. (бессрочно)

4.	Questel. База данных Orbit Premium edition	Принадлежность – сторонняя Национальная подписка (Минобрнауки+ РФФИ) Информационное письмо РФФИ от 25.04.2025 г. № 310 С 01.01.2025.г. до 30.06.2025 г. Ссылка на сайт- https://www.orbit.com Количество ключей – доступ для пользователей РХТУ по IP-адресам неограничен. Удаленный доступ к ресурсу только через SAML (Security Assertion Markup Language) аутентификацию.	Orbit Premium edition (Orbit Intelligence Premium) – база данных патентного поиска, объединяющая информацию о более чем 122 миллионах патентных публикаций, полученную из 120 международных патентных ведомств, включая РосПатент, Всемирную организацию интеллектуальной собственности (ВОИС), Европейскую патентную организацию. База включает не только зарегистрированные патенты, но и документы от стадии заявки до регистрации. Большинство документов содержат аннотации на английском языке, полные тексты документов приводятся на языке оригинала.
5.	Электронные ресурсы издательства SAGE Publications eBook Collections	Принадлежность – сторонняя Национальная подписка (Минобрнауки+ РФФИ) Информационное письмо РФФИ от 30.10.2022 г. № 1403 С 01.11.2022.г. – бессрочно Ссылка на сайт – https://sk.sagepub.com/books/discipline Количество ключей – доступ для пользователей РХТУ по IP-адресам неограничен.	eBook Collections - полнотекстовая коллекция электронных книг (монографий) издательства SAGE Publications по различным областям знаний. Глубина доступа: 1984 - 2021 гг.

6.	World Scientific Publishing Co Pte Ltd. База данных World Scientific Complete eJournal Collection	Принадлежность – сторонняя Национальная подписка (Минобрнауки+ РФФИ) Информационное письмо РФФИ от 15.06.2023 г. № 883 С 01.11.2022.г. до 01.06.2025 г. Ссылка на сайт- https://www.worldscientific.com Количество ключей – доступ для пользователей РХТУ по IP-адресам неограничен	World Scientific Complete eJournal Collection – мультидисциплинарная полнотекстовая коллекция журналов международного научного издательства World Scientific Publishing, которая охватывает такие тематики, как математика, физика, компьютерные науки, инженерное дело, науки о жизни, медицина и социальные науки. Особое внимание в коллекции уделено исследованиям Азиатско-тихоокеанского региона, которые объединены в группу журналов Asian Studies. Глубина доступа: 2001-2025
7.	Электронные ресурсы Springer Nature	Принадлежность – сторонняя Национальная подписка (Минобрнауки+ РФФИ) Информационное письмо РФФИ от 29.12.2022 г. № 1948 Бессрочно Ссылка на сайт- http://link.springer.com/	Springer Journals – полнотекстовая политематическая коллекция журналов издательства Springer по различным отраслям знаний, которая включает более 2 900 наименований журналов по дисциплинам: Глубина доступа: 1997 - 2024 гг.
		Бессрочно Ссылка на сайт- https://www.nature.com	Nature Journals – полнотекстовая коллекция журналов издательства Nature Publishing Group, входящего в группу компаний Springer Nature, включающая журналы издательств Nature, Academic journals, Scientific American и Palgrave Macmillan. Глубина доступа: 2007 - 2024 гг.
		Бессрочно Ссылка на сайт- http://link.springer.com/	Adis Journals – полнотекстовая коллекция журналов и информационных бюллетеней издательства Adis, размещенная на платформе Springer Nature. Коллекция включает 19 рецензируемых журналов по медицине, биомедицине и фармакологии. Глубина доступа: 2020 - 2024 гг.

		Количество ключей – доступ для пользователей РХТУ по IP-адресам неограничен. Настройка удаленного доступа к ресурсам Springer Nature на странице Remote Access сайта издательства.	
8.	Электронные ресурсы Springer Nature Physical Sciences & Engineering Package	Принадлежность – сторонняя Национальная подписка (Минобрнауки+ РФФИ) Информационное письмо РФФИ от 20.03.2024 г. № 254 Бессрочно Ссылка на сайт- http://link.springer.com/	1. Springer Journals – база данных, содержащая полнотекстовые журналы издательства Springer (год издания - 2024 г.), а именно тематические коллекции Physical Sciences & Engineering Package на платформе https://link.springer.com/
		Бессрочно Ссылка на сайт- https://www.nature.com	2. Nature Journals - база данных, содержащая полнотекстовые журналы Nature Publishing Group, а именно Nature journals (год издания - 2024 г.) тематической коллекции Physical Sciences & Engineering Package на платформе: https://www.nature.co
		Количество ключей – доступ для пользователей РХТУ по IP-адресам неограничен. Настройка удаленного доступа к ресурсам Springer Nature на странице Remote Access сайта издательства.	
9.	Электронные ресурсы Springer Nature Social Sciences Package	Принадлежность – сторонняя Национальная подписка (Минобрнауки+ РФФИ) Информационное письмо РФФИ от 20.03.2024 г. № 254 Бессрочно Ссылка на сайт- http://link.springer.com/	1. Springer Journals - база данных, содержащая полнотекстовые журналы издательства Springer (год издания - 2024 г.), а именно тематическую коллекцию Social Sciences Package на платформе: https://link.springer.com/
		Бессрочно Ссылка на сайт- https://www.nature.com	2. Nature Journals - база данных, содержащая полнотекстовые журналы издательства Springer (год издания - 2034 г.), а именно тематическую коллекцию Social Sciences Package на платформе: https://link.springer.com/
		Количество ключей – доступ для пользователей РХТУ по IP-адресам неограничен. Настройка удаленного доступа к ресурсам Springer Nature на странице Remote Access сайта издательства.	

10.	База данных 2021, 2023 eBook Collections Springer Nature	Принадлежность – сторонняя Национальная подписка (Минобрнауки+ РФФИ) Информационное письмо РФФИ от 02.08.2022 г. № 1045 Информационное письмо РФФИ от 29.12.2022 г. № 1947 Бессрочно Ссылка на сайт http://link.springer.com/ О настройках удаленного доступа к ресурсам Springer Nature на странице Remote Access сайта издательства. Количество ключей – доступ для пользователей РХТУ по IP- адресам неограничен.	Springer eBook Collections – полнотекстовая архивная коллекция электронных книг издательства Springer Nature на английском языке по различным отраслям знаний. Глубина доступа: 2005 - 2010 гг.; 2018 - 2024 гг.
11.	Электронные ресурсы AIPP Digital Archive издательства American Institute of Physics Publishing	Принадлежность – сторонняя Национальная подписка (Минобрнауки+ РФФИ) Информационное письмо РФФИ от 29.12.2022 г. № 1945 Бессрочно Ссылка на сайт- https://scitation.org Количество ключей – доступ для пользователей РХТУ по IP- адресам неограничен	AIPP Journal Collection – база данных, содержащая архивную полнотекстовую коллекцию из 29 журналов и сборников конференций издательства American Institute of Physics Publishing. в области прикладной физики и смежных областях знания. Глубина доступа: 1929-1998 гг.
12.	Электронные ресурсы AIPP E- Book Collection I + Collection II издательства American Institute of Physics Publishing	Принадлежность – сторонняя Национальная подписка (Минобрнауки+ РФФИ) Информационное письмо РФФИ от 31.10.2022 г. № 1404 С 01.11.2022 г. – бессрочно Ссылка на сайт- https://scitation.org/ebooks Количество ключей – доступ для пользователей РХТУ по IP- адресам неограничен	AIPP Ebook Collection I + AIPP Ebook Collection II – полнотекстовые коллекции книг издательства American Institute of Physics Publishing в области прикладной и химической физики, биологии, энергетики, оптики, фотоники, материаловедения и нанотехнологий и др. Глубина доступа: 2020 - 2022 гг.

13.	Bentham Science Publishers База данных Journals	Принадлежность – сторонняя Национальная подписка (Минобрнауки+ РФФИ) Информационное письмо РФФИ от 24.08.2022 г. № 1136 Бессрочно Ссылка на сайт – https://eurekaselect.com/bypublication С инструкцией по настройке удаленного доступа можно ознакомиться по ссылке Количество ключей – доступ для пользователей РХТУ по IP- адресам неограничен.	Bentham journal collection – полнотекстовая коллекция журналов издательства Bentham Science, которое публикует научные, технические и медицинские издания, охватывающие различные области от химии и химической технологии, инженерии, фармацевтических исследований и разработок, медицины до социальных наук. Глубина доступа: 2000 - 2021 гг. (до 01.06.2025 г.); 2022 - 2025 гг.
14.	Bentham Science Publishers База данных eBooks	Принадлежность – сторонняя Национальная подписка (Минобрнауки+ РФФИ) Информационное письмо РФФИ от 08.09.2022 г. № 1217 Бессрочно Ссылка на сайт – https://eurekaselect.com/bybook Количество ключей – доступ для пользователей РХТУ по IP- адресам неограничен.	Books – полнотекстовая коллекция электронных книг издательства Bentham Science Publishers, в которую включены издания по следующим областям науки: химия, физика, материаловедение, астрономия, оптика, фотоника, энергетика, инженерия, математика, статистика, информатика и вычислительная техника, медицина, фармакология, окружающая среда, бизнес, экономика, финансы и др. Глубина доступа: 2004 - 2022 гг.

15.	EBSCO eBook	Принадлежность – сторонняя Национальная подписка (Минобрнауки+ РФФИ) Информационное письмо РФФИ от 28.04.2023 г. № 708 Бессрочно Ссылка на сайт – https://web.p.ebscohost.com/ehost/search/basic?vid=0&sid=d6f3a513-2512-4b52-bd8c-4ff40c184aed%40redis Количество ключей – доступ для пользователей РХТУ по IP-адресам неограничен. Удаленный доступ по индивидуальной регистрации.	EBSCO eBooks – полнотекстовая междисциплинарная коллекция, которая включает более 5000 электронных книг от ведущих научных и университетских издательств и охватывает широкий спектр тем: бизнес, всемирная история, инженерия, литературоведение, медицина, образование, политология, религия, социальные науки, технологии, философия, экономика, языковедение и др. Глубина доступа: 2011 - 2023 гг.
16.	Научные журналы РАН	Принадлежность – сторонняя Национальная подписка (Минобрнауки+ РФФИ) Информационное письмо РФФИ от 29.10.2024 г. № 1080 Бессрочно Ссылка на сайт – https://journals.rcsi.science/ Доступ осуществляется на основе IP-адресов университета и персональной регистрации	Полнотекстовая коллекция журналов Российской академии наук включает 141 наименование журналов, охватывающих различные научные специальности. Глубина доступа: 2023-2025 Бессрочно

Бесплатные архивные коллекции, приобретенные Минобрнауки для вузов.

[Архив Издательства American Association for the Advancement of Science. Пакет «Science Classic» 1880-1996](#)

[Архив Издательства Annual Reviews. Пакет «Full Collection» 1932-2005](#)

[Архив издательства Института физики \(Великобритания\). Пакет «Historical Archive 1874-1999» с первого выпуска каждого журнала по 1999, 1874-1999](#)

[Архив издательства Nature Publishing Group. Пакет «Nature» с первого выпуска первого номера по 2010, 1869-2010](#)

[Архив издательства Oxford University Press. Пакет «Archive Complete» с первого выпуска каждого журнала по 1995, 1849-1995](#)

[Архив издательства Sage. Пакет «2010 SAGE Deep Backfile Package» с первого выпуска каждого журнала по 1998, 1890-1998](#)

[Архив издательства Taylor & Francis. Full Online Journal Archives. с первого выпуска каждого журнала по 1996, 1798-1997](#)

[Архив издательства Cambridge University Press. Пакет «Cambridge Journals Digital Archive \(CJDA\)» с первого выпуска каждого журнала по 2011, 1827-2011](#)

Бесплатные официальные открытые ресурсы Интернет:

1. Directory of Open Access Journals (DOAJ) <http://doaj.org/>
Ресурс объединяет более 10000 научных журналов по различным отраслям знаний (около 2 миллионов статей) из 134 стран мира.
2. Directory of Open Access Books (DOAB) <https://www.doabooks.org/>
В базе размещено более 3000 книг по различным отраслям знаний, предоставленных 122 научными издательствами.
3. BioMed Central <https://www.biomedcentral.com/> База данных включает более 300 рецензируемых журналов по биомедицине, медицине и естественным наукам. Все статьи, размещенные в базе, находятся в свободном доступе.
3. Электронный ресурс arXiv <https://arxiv.org/>
Крупнейшим бесплатный архив электронных научных публикаций по разделам физики, математики, информатики, механики, астрономии и биологии. критериев.
4. Коллекция журналов MDPI AG <http://www.mdpi.com/>
Многодисциплинарный цифровой издательский ресурс выпускает более 120 разнообразных электронных журналов, находящихся в открытом доступе.
5. Издательство с открытым доступом InTech <http://www.intechopen.com/>
Первое и крупнейшее в мире издательство, публикующее книги в открытом доступе, около 2500 научных изданий. Основная тематическая направленность - физические и технические науки, технологии, медицинские науки, науки о жизни.
6. База данных химических соединений ChemSpider <http://www.chemspider.com/>
ChemSpider – это бесплатная химическая база данных, предоставляющая быстрый доступ к более чем 28 миллионам структур, свойств и соответственной информации. Ресурс принадлежит Королевскому химическому обществу Великобритании (Royal Society of Chemistry).
7. Коллекция журналов PLOS ONE <http://journals.plos.org/plosone/>
PLOS ONE – коллекция журналов, в которых публикуются отчеты о новых исследованиях в области естественных наук и медицины. рецензирование.
8. US Patent and Trademark Office (USPTO) <http://www.uspto.gov/>
Ведомство по патентам и товарным знакам США — USPTO — предоставляет свободный доступ к американским патентам, опубликованным с 1976 г. По настоящее время.
9. Espacenet - European Patent Office (EPO) <http://worldwide.espacenet.com/>
Патенты (либо патентные заявки) более 50 национальных и нескольких международных патентных бюро, в том числе полные тексты патентов США, России, Франции, Японии и др.
10. Федеральный институт промышленной собственности (ФИПС)
http://www1.fips.ru/wps/wcm/connect/content_ru/ru
Информационные ресурсы ФИПС свободного доступа:
 - Электронные бюллетени. Изобретения. Полезные модели.
 - Открытые реестры российских изобретений и заявок на изобретения.
 - Рефераты российских патентных документов за 1994–2016 гг.
 - Полные тексты российских патентных документов из последнего официального бюллетеня
11. The Association for Computing Machinery (ACM) – международное некоммерческое профессиональное сообщество, основанное в 1947 году, объединяющее преподавателей, исследователей и специалистов в области вычислительной техники, информационных и компьютерных технологий. Ссылка на ресурс: <https://dl.acm.org> Ссылка на раздел Open access: <https://www.acm.org/publications/openaccess>

12. Annual Reviews – некоммерческая академическая издательская компания, выпускающая журналы с 1932 года.

В портфолио издательства 51 журнал, тематика которых охватывает области естественных и социальных наук, наук о жизни, биомедицину, экономику и др.

Ссылка на ресурс: <https://www.annualreviews.org/>

Ссылка на раздел Open access: <https://www.annualreviews.org/S2O>

13. Cambridge University Press – старейшее в мире университетское издательство, публикующее исследовательские работы, справочные и учебные материалы по широкому кругу дисциплин. Контент издательства представлен на онлайн-платформе Cambridge Core, на которой доступно 117 журналов и 372 книги открытого доступа, 317 журналов гибридного доступа.

Ссылка на ресурс: <https://www.cambridge.org/universitypress>

Ссылка на раздел Open access: <https://www.cambridge.org/core/publications/open-access>

14. The Royal Society of Chemistry включает 12 журналов «золотого» открытого доступа, кроме того, все журналы общества являются гибридными и в них могут публиковаться материалы открытого доступа.

Журналы общества охватывают основные химические науки, включая смежные области, такие как биология, биофизика, энергетика и окружающая среда, машиностроение, материаловедение, медицина и физика.

Ссылка на ресурс: <https://pubs.rsc.org/en/journals?key=title&value=current>

Ссылка на раздел Open access: <https://www.rsc.org/journals-books-databases/open-access/>

15. Taylor & Francis на сегодняшний день издательство выпускает около 180 журналов с полностью открытым доступом.

Ссылка на ресурс: <https://www.tandfonline.com/>

Ссылка на раздел Open access: <https://www.tandfonline.com/openaccess/openjournals>

16. Издательство John Wiley & Sons, Inc. включает около 230 журналов «золотого» открытого доступа и более 1300 гибридных журналов.

Ссылка на ресурс:

<https://onlinelibrary.wiley.com/action/doSearch?AllField=&ConceptID=15941&startPage=>

Ссылка на раздел Open access: <https://authorservices.wiley.com/open-research/open-access/browse-journals.htm>

11.5. Перечень лицензионного программного обеспечения:

№ п/п	Наименование программного продукта	Реквизиты договора поставки	Количество лицензий	Срок окончания действия лицензии
1.	ABBYY FineReader 10 Professional Edition	Контракт № 143-164ЭА/2010 от 14.12.10	20 лицензий для активации на рабочих станциях	бессрочная
2.	CorelDRAW Graphics Suite X5 Education License	Контракт № 143-164ЭА/2010 от 14.12.10	5 лицензий для активации на рабочих станциях	бессрочная
3.	Управление проектами Project expert tutorial	Контракт № 143-164ЭА/2010 от 14.12.10	1 лицензия для активации на рабочих станциях	бессрочная
4.	Неисключительная лицензия на использование SOLIDWORKS EDU Edition 2019-2020 Network - 200 Users	Контракт №28-35ЭА/2020 от 26.05.2020	Сетевая лицензия на 200 пользователей	бессрочная
5.	SolidWorks EDU Edition 2020-2021 Network - 200 U бессрочная sers	Контракт № 90-133ЭА/2021 от 07.09.2021	Сетевая лицензия на 200 пользователей	бессрочная
6.	Неисключительная лицензия на право использования Учебного комплекта Компас-3D v21 на 50 мест КТПП	Контракт №189-240ЭА/2023 от 15.01.2024	Учебный комплект программного обеспечения КОМПАС-3D v21 "Проектирование и конструирование в машиностроении" на 50 мест	бессрочная
7.	Среда разработки Delphi	Контракт № 143-164ЭА/2010 от 14.12.10	25 лицензий для активации на рабочих станциях	бессрочная
8.	Среда разработки C++ Builder	Контракт № 143-	1 лицензия для активации на	бессрочная

		164ЭА/2010 от 14.12.10	рабочих станциях	
9.	Среда разработки Simulink Control Design Classroom new Product From 25 to 49 Concurrent Licenses (per License)	Контракт № 143- 164ЭА/2010 от 14.12.10	25 лицензий для активации на рабочих станциях	бессрочная
10.	Система проектирования СА ErWin Modeling Suite Bundle	Контракт № 143- 164ЭА/2010 от 14.12.10	1 лицензия для активации на рабочих станциях	бессрочная
11.	OriginPro 8.1 Department Wide License	Контракт № 143- 164ЭА/2010 от 14.12.10	1 лицензия для активации на рабочих станциях	бессрочная
12.	Программа обработки экспериментальных данных BioOffice ultra	Контракт № 143- 164ЭА/2010 от 14.12.10	1 лицензия для активации на рабочих станциях	бессрочная
13.	Программа обработки экспериментальных данных Chemdraw pro	Контракт № 143- 164ЭА/2010 от 14.12.10	1 лицензия для активации на рабочих станциях	бессрочная
14.	Программа обработки экспериментальных данных Chemdraw ultra	Контракт № 143- 164ЭА/2010 от 14.12.10	1 лицензия для активации на рабочих станциях	бессрочная
15.	MATLAB Academic new Product Group Licenses (per License)	Контракт № 143- 164ЭА/2010 от 14.12.10	3 лицензий для активации на рабочих станциях	бессрочная
16.	MATLAB Classroom Suite new Product From 25 to 49 Concurrent Licenses (per License)	Контракт № 143- 164ЭА/2010 от 14.12.10	25 лицензий для активации на рабочих станциях	бессрочная
17.	Instrument Control Toolbox Classroom new Product From 25 to 49 Concurrent Licenses (per License)	Контракт № 143- 164ЭА/2010 от 14.12.10	25 лицензий для активации на рабочих станциях	бессрочная
18.	Image Processing Toolbox Classroom new Product From 25 to 49 Concurrent Licenses (per License)	Контракт № 143- 164ЭА/2010 от 14.12.10	25 лицензий для активации на рабочих станциях	бессрочная
19.	Fuzzy Logic Toolbox Classroom new Product From 25 to 49 Concurrent Licenses (per License)	Контракт № 143- 164ЭА/2010	25 лицензий для активации на рабочих станциях	бессрочная

		от 14.12.10		
20.	System Identification Toolbox Classroom new Product From 25 to 49 Concurrent Licenses (per License)	Контракт № 143-164ЭА/2010 от 14.12.10	25 лицензий для активации на рабочих станциях	бессрочная
21.	Curve Fitting Toolbox Classroom new Product From 25 to 49 Concurrent Licenses (per License)	Контракт № 143-164ЭА/2010 от 14.12.10	25 лицензий для активации на рабочих станциях	бессрочная
22.	Statistics Toolbox Classroom new Product From 25 to 49 Concurrent Licenses (per License)	Контракт № 143-164ЭА/2010 от 14.12.10	25 лицензий для активации на рабочих станциях	бессрочная
23.	Global Optimization Toolbox Classroom new Product From 25 to 49 Concurrent Licenses (per License)	Контракт № 143-164ЭА/2010 от 14.12.10	25 лицензий для активации на рабочих станциях	бессрочная
24.	Partial Differential Equation Classroom new Product From 25 to 49 Concurrent Licenses (per License)	Контракт № 143-164ЭА/2010 от 14.12.10	25 лицензий для активации на рабочих станциях	бессрочная
25.	Optimization Toolbox Classroom new Product From 25 to 49 Concurrent Licenses (per License)	Контракт № 143-164ЭА/2010 от 14.12.10	25 лицензий для активации на рабочих станциях	бессрочная
26.	Curve Fitting Toolbox Classroom new Product From 25 to 49 Concurrent Licenses (per License)	Контракт № 143-164ЭА/2010 от 14.12.10	25 лицензий для активации на рабочих станциях	бессрочная
27.	NI Circuit Design Suite	Контракт № 143-164ЭА/2010 от 14.12.10	10 лицензий для активации на рабочих станциях	бессрочная
28.	Неисключительная лицензия OriginLab ORIGINPRO- New License Node-Lock License Singl Seat EDUCATIONAL	Контракт № 90-133ЭА/2021 от 07.09.2021	13 лицензий для активации на рабочих станциях	бессрочная
29.	Неисключительная лицензия Originlab Annual Maintenance Renewal OriginPro 2022b Perpetual Node-Locked Academic Licens	Контракт №72-99ЭА/2022 от 29.08.2022	13 лицензий для активации на рабочих станциях	бессрочная
30.	WINDOWS 8.1 Professional Get Genuine	Контракт № 62-	24 лицензии для активации на	бессрочная

		64ЭА/2013 от 02.12.2013	рабочих станциях	
31.	WINHOME 10 Russian OLV NL Each AcademicEdition	Контракт № 28- 35ЭА/2020 от 26.05.2020	150 лицензий для активации на рабочих станциях	бессрочная
32.	Microsoft Office Standard 2013	Контракт № 62- 64ЭА/2013 от 02.12.2013	24 лицензии для активации на рабочих станциях	бессрочная
33.	Microsoft Office Standard 2019 В составе: • Word • Excel • Power Point • Outlook	Контракт №175- 262ЭА/2019 от 30.12.2019	150 лицензий для активации на рабочих станциях	12 месяцев (ежегодное продление подписки с правом перехода на обновлённую версию продукта)
34.	Kaspersky Endpoint Security для бизнеса – Стандартный Russian Edition	Договор № 99-155ЭА- 223/2024 от 25.11.2024	-	24 месяца (продление подписки с правом перехода на обновлённую версию продукта)
35.	iSpring Suite Max	Договор № 99-155ЭА- 223/2024 от 25.11.2024	1 лицензия для активации на рабочих станциях	02.12.2025
36.	iSpring Suite версия 11	Договор № 99-155ЭА- 223/2024 от 25.11.2024	1 лицензия для активации на рабочих станциях	02.12.2025
37.	Планы Мини	Договор № 99-155ЭА- 223/2024 от 25.11.2024	1	30.09.2025
38.	Astra Linux Special Edition для 64-х разрядной платформы на базе процессорной архитектуры x86-64	Контракт №189- 240ЭА/2023	60 лицензий для активации на рабочих станциях	бессрочная

		от 15.01.2024		
39.	COMSOL Multiphysics, Лицензия на учебный класс (CKL)	Контракт № 109-132ЭА/2023 от 22.09.2023	1	бессрочная
40.	COMSOL Multiphysics, Плавающая сетевая лицензия (FNL)	Контракт № 109-132ЭА/2023 от 22.09.2023	1	бессрочная
41.	Антиплагиат.ВУЗ 5.0	Контракт № 13-143К/2025 от 30.04.2025	1	19.05.2026

12. ТРЕБОВАНИЯ К ОЦЕНКЕ КАЧЕСТВА ОСВОЕНИЯ ПРОГРАММЫ

Наименование модулей	Основные показатели оценки	Формы и методы контроля и оценки
Раздел 1. Грамматические аспекты делового общения на иностранном языке	<i>Знает:</i> – русские эквиваленты основных слов и выражений деловой и профессиональной речи; – основные приемы и методы перевода, реферирования и аннотирования литературы по специальности; – пассивную и активную лексику, в том числе деловую, общенаучную и специальную терминологию, необходимую для работы над типовыми текстами. <i>Умеет:</i> – вести речевую деятельность применительно к сфере деловой и профессиональной коммуникации; – работать с оригинальной литературой по специальности; – работать со словарем. <i>Владеет:</i> – иностранным языком на уровне делового и профессионального общения, навыками и умениями речевой деятельности применительно к сфере деловой и профессиональной коммуникации; – основной иноязычной терминологией специальности.	Оценка за контрольную работу № 1 (1 семестр)
Раздел 2. Чтение, перевод и особенности специальной бизнес-литературы.	<i>Знает:</i> – основные способы сочетаемости лексических единиц и основные словообразовательные модели; – русские эквиваленты основных слов и выражений деловой и профессиональной речи; – основные приемы и методы перевода, реферирования и аннотирования литературы по специальности; – приемы работы с оригинальной литературой по специальности. <i>Умеет:</i> – работать с оригинальной литературой по специальности; – работать со словарем; – вести деловую переписку на изучаемом языке. <i>Владеет:</i> – иностранным языком на уровне делового и профессионального общения, навыками и умениями речевой деятельности применительно к сфере бытовой, деловой и профессиональной коммуникации;	Оценка за контрольную работу № 2 (1 семестр)

Раздел 3. Профессиональная коммуникация в сфере делового общения	– формами деловой переписки, навыками подготовки текстовых документов в управленческой деятельности; – основной иноязычной терминологией специальности. <i>Знает:</i> – русские эквиваленты основных слов и выражений профессиональной речи; – основные приемы и методы перевода, реферирования и аннотирования литературы по специальности; – пассивную и активную лексику, в том числе общенаучную и специальную терминологию, необходимую для работы над типовыми текстами; – приемы работы с оригинальной литературой по специальности. <i>Умеет:</i> – работать с оригинальной литературой по специальности; – работать со словарем; – вести деловую переписку на изучаемом языке; – вести речевую деятельность применительно к сфере бытовой и профессиональной коммуникации. <i>Владеет:</i> – иностранным языком на уровне делового и профессионального общения, навыками и умениями речевой деятельности применительно к сфере деловой и профессиональной коммуникации, основами публичной речи; – формами деловой переписки, навыками подготовки текстовых документов в управленческой деятельности; – основами реферирования и аннотирования литературы по специальности.	Оценка за контрольную работу № 3 (1 семестр) Оценка за экзамен (1 семестр)
--	--	---

13. ОСОБЕННОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ДЛЯ ИНВАЛИДОВ И ЛИЦ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ

Обучение инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья осуществляется в соответствии с:

- Порядком организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры (Приказ Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 06.04.2021 № 245);

- Положением о порядке организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева», принятым решением Ученого совета РХТУ им. Д.И. Менделеева от 28.12.2022, протокол № 5;

- Методическими рекомендациями по организации образовательного процесса для обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья в образовательных организациях высшего образования, в том числе оснащенности образовательного процесса (утверждены заместителем Министра образования и науки РФ А.А. Климовым от 08.04.2014 № АК-44/05вн).

Дополнения и изменения к рабочей программе дисциплины
«Деловой иностранный язык»
основной образовательной программы
28.04.02. Наноинженерия
код и наименование направления подготовки (специальности)
«Материалы и технологии наноинженерии»
наименование ООП

Форма обучения: очная

Номер изменения/ дополнения	Содержание дополнения/изменения	Основание внесения изменения/дополнения
1.		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.
		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.
		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.
		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.
		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.

**Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Российский химико-технологический университет
имени Д.И. Менделеева»**

«УТВЕРЖДЕНО»

на заседании Ученого совета

РХТУ им. Д.И. Менделеева

протокол № 30 от «30» июня 2025 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«Дополнительные главы математики»

Направление подготовки 28.04.02 Наноинженерия

Квалификация «магистр»

Москва 2025

Программа составлена

заведующим кафедрой высшей математики, к.т.н. Е.Г.Рудаковской,

доцентом кафедры высшей математики, к.т.н. А.Н.Шайкиным,

доцентом кафедры высшей математики, к.т.н. В.В.Осипчик.

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры высшей математики
РХТУ им. Д.И. Менделеева «15» мая 2025 г., протокол № 7.

1. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

Программа составлена в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования – магистратура по направлению подготовки **28.04.02 Наноинженерия** (ФГОС ВО), накопленного опыта преподавания дисциплины кафедрой высшей математики РХТУ им. Д.И. Менделеева. Программа рассчитана на изучение дисциплины в течение одного семестра.

Дисциплина «**Дополнительные главы математики**» относится к части, формируемой участниками образовательных отношений, блока Б1 «Дисциплины (модули)» учебного плана. Программа дисциплины предполагает, что для успешного освоения дисциплины обучающийся должен знать основы высшей математики, теории вероятностей и математической статистики, изучаемые в курсе «Математика» бакалавриата.

Целью дисциплины является формирование у студентов системы основных понятий, используемых для построения важнейших математических моделей, и математических методов для описания различных процессов.

Задачи дисциплины сводятся к созданию фундаментальной математической базы, а также развитию навыков математического мышления и использования их для решения практических задач.

Дисциплина «**Дополнительные главы математики**» преподаётся во 2 семестре. Контроль успеваемости студентов ведётся по принятой в университете рейтинговой системе.

Рабочая программа дисциплины может быть реализована с применением электронных образовательных технологий и электронного обучения полностью или частично.

2. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Изучение дисциплины направлено на приобретение следующих **универсальных компетенций и индикаторов их достижения**:

Код и наименование УК	Код и наименование индикатора достижения УК
УК-1. Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий	УК-1.1. Знает методы осуществления поиска вариантов решения поставленной проблемной ситуации на основе доступных источников информации УК-1.2. Умеет определять в рамках выбранного алгоритма вопросы или задачи, подлежащие дальнейшей разработке УК-1.3. Владеет способами планирования работы для решения поставленных задач

Общепрофессиональных компетенций и индикаторов их достижения:

Код и наименование ОПК	Код и наименование индикатора достижения ОПК
ОПК-1. Способен ставить и решать инженерные и научно-технические задачи в области	ОПК-1.1. Знает основные приёмы и методы обработки экспериментальной информации и построения математических моделей

наноинженерии и новых междисциплинарных направлениях на основе естественнонаучных и математических моделей	ОПК-1.2. Умеет использовать приемы и методы обработки экспериментальной информации и построения математических моделей для решения инженерных и научно-технических задач в области профессиональной деятельности ОПК 1.3. Владеет математическим аппаратом для описания, анализа и моделирования процессов нанотехнологий
--	--

В результате изучения дисциплины студент магистратуры должен:

Знать:

– основные понятия и методы дискретной математики, математических методов решения профессиональных задач.

Уметь:

– применять математические методы при решении типовых профессиональных задач.

Владеть:

– методами построения математической модели типовых профессиональных задач и содержательной интерпретации полученных результатов.

3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ

Вид учебной работы	Всего		Семестр	
			2	
	ЗЕ	Акад. ч.	ЗЕ	Акад. ч.
Общая трудоемкость дисциплины	3	108	3	108
Контактная работа – аудиторные занятия:	1,42	51	1,42	51
Лекции	0,45	16	0,45	16
Практические занятия (ПЗ)	0,97	35	0,97	35
Самостоятельная работа	1,58	57	1,58	57
Контактная самостоятельная работа	1,58	0,4	1,58	0,4
Самостоятельное изучение разделов дисциплины		56,6		56,6
Вид контроля – Зачет с оценкой		+		+
Вид итогового контроля:			Зачет с оценкой	

Вид учебной работы	Всего		Семестр	
			2	
	ЗЕ	Астр. ч.	ЗЕ	Астр. ч.
Общая трудоемкость дисциплины	3	81	3	81
Контактная работа – аудиторные занятия:	1,42	38	1,42	38
Лекции	0,45	12	0,45	12
Практические занятия (ПЗ)	0,97	26	0,97	26
Самостоятельная работа	1,58	43	1,58	43
Контактная самостоятельная работа	1,58	0,3	1,58	0,3
Самостоятельное изучение разделов дисциплины		42,7		42,7

Вид контроля – Зачет с оценкой		+		+
Вид итогового контроля:			Зачет с оценкой	

4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1. Разделы дисциплины и виды занятий

№ п/п	Раздел дисциплины	Академ. часов			
		Всего	Лекции	Практи- ческие занятия	Самостоя- тельная работа
	Раздел 1. Введение. Элементы теории множеств и алгебраические структуры.	18	3	6	9
1.1	Множества, отношения и функции.	6	1	2	3
1.2	Полугруппы. Моноиды. Группы.	6	1	2	3
1.3	Кольца. Поля.	6	1	2	3
	Раздел 2. Элементы теории графов.	22	3	6	13
2.1	Задание и характеристики графов. Виды графов.	7	1	2	4
2.2	Циклы и разрезы. Планарность и укладка графов. Раскраска графов.	7	1	2	4
2.3	Деревья.	8	1	2	5
	Раздел 3. Булевы функции.	12	2	4	6
3.1	Алгебра логики. Булевы функции. Способы задания. Основные законы булевой алгебры. Функционально полные системы элементарных булевых функций. Важнейшие замкнутые классы.	6	1	2	3
3.2	Минимизация булевых функций. Сокращенная, тупиковая и минимальная формы.	6	1	2	3
	Раздел 4. Исчисление высказываний.	18	2	7	9
4.1	Формальные аксиоматические системы. Полнота и непротиворечивость. Независимость аксиом. Разрешимость теории. Другие аксиоматизации.	9	1	4	4
4.2	Проверка выводимости с помощью истинностных таблиц. Методы логического вывода.	9	1	3	5
	Раздел 5. Исчисление предикатов и нечеткая логика.	20	3	6	11
5.1	Логика предикатов. Непротиворечивость и полнота. Вынесение кванторов и предваренная нормальная форма. Скулемовские стандартные формы.	6	1	2	3
5.2	Эрбрановский универсум и теорема Эрбрана. Подстановка и унификация. Метод резолюций и его полнота.	6	1	2	3

5.3	Нечеткие множества. Нечеткая логика.	8	1	2	5
	Раздел 6. Конечные автоматы, машины Тьюринга-Поста, сложность вычислений.	18	3	6	9
6.1	Элементы теории автоматов. Автоматы Мили и Мура. Эквивалентность и минимизация автоматов.	6	1	2	3
6.2	Машины Тьюринга-Поста. Формализация понятия алгоритма и формальные модели алгоритмов. Алгоритмически неразрешимые проблемы.	6	1	2	3
6.3	Сложность алгоритмов. Меры сложности. Временная и емкостная сложность. Трудноразрешимые задачи. Классы P и NP. NP-полные задачи.	6	1	2	3
	Итого часов	108	16	35	57

4.2. Содержание разделов дисциплины

Раздел 1. Введение. Элементы теории множеств и алгебраические структуры.

Роль дисциплины «Дополнительные главы математики» при разработке и эксплуатации химико-технологических систем. Множества, отношения и функции. Задание множеств и осуществление операций над ними. Способы задания. Операции объединения, пересечения, разности, дополнения и декартова произведения. Аксиоматика теории множеств. Алгебра Кантора. Минимизация представлений множеств. Диаграммы Эйлера-Венна. Бинарные отношения. Способы задания бинарных отношений. Свойства бинарных отношений. Разбиения. Отношения эквивалентности и порядка. Представление n-арных отношений бинарными. Алгебра отношений. Функции. Инъекция, сюръекция и биекция. Алгебраические структуры. Полугруппы. Моноиды. Группы. Подгруппы. Циклические группы. Группы подстановок. Изоморфизм групп. Смежные классы по подгруппе. Нормальные делители. Фактор-группы. Кольца: определения, свойства, примеры. Поля.

Раздел 2. Элементы теории графов.

Графы. Задание и характеристики графов. Виды графов. Подграфы. Матрицы смежности и инцидентности. Степени вершин. Маршруты Цепи. Циклы. Расстояние между вершинами. Диаметр и радиус графа. Унарные и бинарные операции над графами. Дополнение графа. Удаление и добавление вершин. Удаление и добавление ребер. Отождествление вершин. Расщепление вершин. Объединение графов. Пересечение графов. Компоненты связности. Мосты. Вершинная и реберная связность. Связность ориентированных графов. Алгоритм вычисления связности. Внутренняя устойчивость. Вершинное число независимости. Реберное число независимости. Вершинное и реберное покрытие графа. Внешняя устойчивость. Вершинное и реберное число внешней устойчивости. Циклы и разрезы. Эйлеровы циклы. Гамильтоновы циклы. Планарность и укладка графов. Грани плоского графа. Раскраска графов. Хроматическое число. Гипотеза четырех красок. Деревья. Определения. Свойства. Теорема Кэли. Фундаментальная система циклов. Остов наименьшего веса. Упорядоченные деревья. Бинарные деревья. Деревья сортировки. Алгоритм поиска в дереве сортировки.

Раздел 3. Булевы функции.

Алгебра логики. Булевы функции. Способы задания. Булевы функции одной и двух переменных и их свойства. Формулы булевой алгебры. Основные законы булевой

алгебры. Эквивалентность формул. Принцип двойственности. Совершенные дизъюнктивные и совершенные конъюнктивные нормальные формы. Системы элементарных булевых функций. Функционально полные системы элементарных булевых функций. Примеры функционально полных базисов. Важнейшие замкнутые классы. Теорема о функциональной полноте. Минимизация булевых функций. Сокращенная, тупиковая и минимальная формы. Карты Карно. Метод сочетания индексов и метод Куайна. Минимизация конъюнктивных нормальных форм. Обзор приложений дискретной математики. Разработка эффективного математического, программного, информационного и технического обеспечения на основе методов дискретной математики.

Раздел 4. Исчисление высказываний.

Введение в математическую логику. Краткие сведения из истории математической логики. Роль математической логики при разработке и эксплуатации химико-технологических систем. Формальные аксиоматические системы. Символы, выражения, формулы, аксиомы. Правило вывода, непосредственное следствие, вывод, теорема. Логика высказываний. Логический вывод. Аксиомы. Правило *modus ponens*. Теорема дедукции и правило силлогизма. Полнота и непротиворечивость. Независимость аксиом. Разрешимость теории. Другие аксиоматизации. Проверка выводимости с помощью истинностных таблиц. Секвенции Генцена. Модель миров Крипке. Метод резолюций Робинсона. Метод клауз Вонга. Обратный метод Маслова (благоприятных наборов).

Раздел 5. Исчисление предикатов и нечеткая логика.

Логика предикатов. Автоматизация логического вывода. Переменные, функции, термы, предикаты, кванторы, формулы. Область действия квантора. Свободные и связанные переменные. Интерпретации, равносильность. Распознавание общезначимости. Проблема разрешимости. Аксиомы и правила вывода исчисления предикатов. Теорема дедукции. Непротиворечивость и полнота. Вынесение кванторов и предваренная нормальная форма. Скулемовские стандартные формы. Эрбрановский универсум и теорема Эрбрана. Подстановка и унификация. Метод резолюций и его полнота. Стратегии метода резолюций. Дизъюнкты Хорна. Принцип логического программирования. Нечеткие множества. Нечеткая логика. Появление и суть нечеткости. Формализация нечеткости. Функция принадлежности. Лингвистическая переменная. Операции над нечеткими множествами. Нечеткая арифметика. Методы дефаззификации. Нечеткие отношения. Стандартные нечеткие логические операции. Нечеткий вывод. Степени истинности и степени уверенности. Нечеткий аналог метода резолюций.

Раздел 6. Конечные автоматы, машины Тьюринга-Поста, сложность вычислений.

Элементы теории автоматов. Понятие автоматного преобразования информации и конечного автомата. Способы задания автоматов. Автоматы Мили и Мура. Программная и аппаратная реализация автоматов. Эквивалентность и минимизация автоматов. Машины Тьюринга-Поста. Формализация понятия алгоритма и формальные модели алгоритмов. Машина Тьюринга: определения, свойства, графы переходов. Машина Поста. Программы для машин. Проблема распознавания. Проблема остановки. Алгоритмически неразрешимые проблемы. Сложность алгоритмов. Меры сложности. Временная и емкостная сложность. Асимптотическая сложность, порядок сложности, сложность в среднем и в худшем случае. Трудноразрешимые задачи. Недетерминированная машина Тьюринга. Классы *P* и *NP*. *NP*-полные задачи. *NP*-полнота проблемы выполнимости формул логики высказываний. Обзор приложений математической логики. Направления использования аппарата математической логики в задачах практической информатики. Спецификация и верификация программно-аппаратных проектов, логическое программирование, построение онтологий, языки общения интеллектуальных агентов.

5. СООТВЕТСТВИЕ СОДЕРЖАНИЯ ТРЕБОВАНИЯМ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

В результате освоения дисциплины студент должен		Разделы					
		1	2	3	4	5	6
Знать:							
- основные понятия и методы дискретной математики, математических методов решения профессиональных задач.		+	+	+	+	+	+
Уметь:							
- применять математические методы при решении типовых профессиональных задач.		+	+	+	+	+	+
Владеть:							
- методами построения математической модели типовых профессиональных задач и содержательной интерпретации полученных результатов.		+	+	+	+	+	+
В результате освоения дисциплины студент должен приобрести следующие универсальные компетенции и индикаторы их достижения:							
Код и наименование УК	Код и наименование индикатора достижения УК						
УК-1. Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий	УК-1.1. Знает методы осуществления поиска вариантов решения поставленной проблемной ситуации на основе доступных источников информации	+	+	+	+	+	+
	УК-1.2. Умеет определять в рамках выбранного алгоритма вопросы или задачи, подлежащие дальнейшей разработке	+	+	+	+	+	+
	УК-1.3. Владеет способами планирования работы для решения поставленных задач	+	+	+	+	+	+
В результате освоения дисциплины студент должен приобрести следующие общепрофессиональные компетенции и индикаторы их достижения:							
Код и наименование ОПК	Код и наименование индикатора достижения ОПК						
ОПК-1. Способен ставить и решать инженерные и научно-технические задачи в области наноинженерии и новых междисциплинарных направлениях на основе	ОПК-1.1. Знает основные приёмы и методы обработки экспериментальной информации и построения математических моделей	+	+	+	+	+	+
	ОПК-1.2. Умеет использовать приемы и методы обработки экспериментальной информации и построения математических моделей для	+	+	+	+	+	+

В результате освоения дисциплины студент должен		Разделы					
		1	2	3	4	5	6
естественнонаучных и математических моделей	решения инженерных и научно-технических задач в области профессиональной деятельности						
	ОПК 1.3. Владеет математическим аппаратом для описания, анализа и моделирования процессов нанотехнологий	+	+	+	+	+	+

6. ПРАКТИЧЕСКИЕ И ЛАБОРАТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ

6.1. Примерные темы практических занятий по дисциплине

№ п/п	№ раздела дисциплины	Темы практических (семинарских) занятий	Часы
1.	1.1	Практическое занятие 1 Множества и отношения.	2
2.	1.2	Практическое занятие 2 Группы.	2
3.	1.3	Практическое занятие 3 Кольца, поля.	2
4.	2.1	Практическое занятие 4 Виды графов.	3
5.	2.2	Практическое занятие 5 Планарность и раскраска графов.	2
6.		Контрольная работа № 1	2
7.	3.1	Практическое занятие 6 Законы булевой логики.	2
8.	3.2	Практическое занятие 7 Минимизация булевых функций. Важные классы.	2
9.	4.1	Практическое занятие 8 Формальные аксиоматические теории.	2
10.	4.2	Практическое занятие 9 Логический вывод в исчислении высказываний.	2
11.		Контрольная работа № 2	2
12.	5.1	Практическое занятие 10 Преобразования формул логики предикатов.	2
13.	5.2	Практическое занятие 11 Логический вывод в исчислении предикатов.	2
14.	5.3	Практическое занятие 12 Нечеткие множества. Нечеткая логика.	2
15.	6.1	Практическое занятие 13	2

		Конечные автоматы.	
16.	6.2	Практическое занятие 14 Машины Тьюринга.	2
17.		Контрольная работа № 3	2
ИТОГО	35 часов		

7. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА.

Самостоятельная работа проводится с целью углубления знаний по дисциплине и предусматривает следующие виды:

- ознакомление с рекомендованной литературой, работу с электронно-библиотечными системами, включая переводы публикаций из научных журналов, цитируемых в базах Scopus, Web of Science, Chemical Abstracts, РИНЦ;
- регулярную проработку пройденного на лекциях и практических занятиях учебного материала;
- выполнение домашних заданий и применение информационных технологий при выполнении домашних заданий;
- подготовку к выполнению контрольных работ по материалу лекционного курса;
- подготовку к сдаче *зачета с оценкой* (2 семестр) по дисциплине.

Планирование времени на самостоятельную работу, необходимого на изучение дисциплины, студентам лучше всего осуществлять на весь период изучения, предусматривая при этом регулярное повторение пройденного материала. Материал, законспектированный на лекциях, необходимо регулярно дополнять сведениями из литературных источников, представленных в учебной программе. При работе с указанными источниками рекомендуется составлять краткий конспект материала, с обязательным фиксированием библиографических данных источника.

8. ПРИМЕРЫ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Совокупная оценка по дисциплине складывается из оценок за выполнение контрольных работ: 3 контрольные работы во 2 семестре (максимальная оценка за каждую контрольную работу 20 баллов) и итогового контроля в форме *зачета с оценкой* (максимальная оценка 40 баллов).

8.1. Примеры контрольных вопросов для текущего контроля освоения дисциплины

Разделы 1, 2. Примеры вопросов к контрольной работе № 1. Контрольная работа содержит 4 вопроса по 5 баллов за вопрос.

1. Является ли отношение $x:y$ на множестве $\{1,2,3,4,5,6,7,8\}$:

- | | |
|---------------------|---------------------|
| 1) рефлексивным | 5) антисимметричным |
| 2) антирефлексивным | 6) несимметричным |
| 3) нерефлексивным | 7) транзитивным |
| 4) симметричным | 8) нетранзитивным |

9) эквивалентностью

11) нестрогим порядком

10) строгим порядком

2. 1) Является ли множество подстановок (12345), (21345), (12435), (21435) подгруппой группы S_5 ? 2) Выписать подгруппу группы S_5 с данными образующими элементами:

$$\left(\begin{smallmatrix} 12345 \\ 23145 \end{smallmatrix} \right); \left(\begin{smallmatrix} 12345 \\ 42315 \end{smallmatrix} \right).$$

3. Найти левые и правые смежные классы S_4 по $H = \left\{ \left(\begin{smallmatrix} 1234 \\ 1234 \end{smallmatrix} \right); \left(\begin{smallmatrix} 1234 \\ 4231 \end{smallmatrix} \right); \left(\begin{smallmatrix} 1234 \\ 1324 \end{smallmatrix} \right); \left(\begin{smallmatrix} 1234 \\ 4321 \end{smallmatrix} \right) \right\}$.

Является ли H нормальной подгруппой S_4 ?

4. 1) Найти степени вершин, написать матрицы смежности и инцидентности графа. 2) Найти хроматическое число графа и оптимальную раскраску. 3) Построить плоское изображение графа, если это возможно, или обосновать невозможность его построения:

$$G = (V, E) = (V = \{1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8\},$$

$$E = \{(1, 2), (1, 3), (1, 5), (1, 6), (2, 3), (2, 4), (2, 6), (3, 4), (3, 5), (3, 7), (3, 7), (3, 8)\}).$$

Разделы 3, 4. Примеры вопросов к контрольной работе № 2. Контрольная работа содержит 3 вопроса: 1 и 2 вопрос оцениваются по 7 баллов за вопрос, 3 вопрос - 6 баллов за вопрос.

1. Заданы номера наборов четырех переменных 1, 2, 3, 5, 12, 13, 14, 15, на которых функция принимает единичное значение (например, номеру 2 соответствует набор 0010 и конъюнкт $\bar{x}_4 \bar{x}_3 x_2 \bar{x}_1$). Необходимо для данной функции показать принадлежность (не принадлежность) к 0 (сохраняющих 0), 1 (сохраняющих 1), 2 (линейных), 3 (самодвойственных), 4 (монотонных) классам функций.

2. Минимизировать ДНФ:

$$\begin{aligned} & X_1 X_2 \bar{X}_3 \bar{X}_4 \vee X_1 X_2 \bar{X}_3 X_4 \vee X_1 \bar{X}_2 \bar{X}_3 \bar{X}_4 \vee X_1 \bar{X}_2 \bar{X}_3 X_4 \vee \\ & \vee X_1 X_2 X_3 \bar{X}_4 \vee \bar{X}_1 X_2 X_3 X_4 \vee \bar{X}_1 X_2 X_3 \bar{X}_4 \vee \bar{X}_1 \bar{X}_2 X_3 X_4. \end{aligned}$$

3. Доказать выводимость $(B \rightarrow A) \& (\bar{B} \rightarrow C) \& (\bar{A} \vee \bar{C}) \vdash A \& B \vee \bar{A} \& \bar{B}$ методом резолюций.

Разделы 5, 6. Примеры вопросов к контрольной работе № 3. Контрольная работа содержит 3 вопроса: 1 вопрос - 6 баллов за вопрос, 2 и 3 вопросы оцениваются по 7 баллов за вопрос.

1. Показать методом благоприятных наборов противоречивость набора дизъюнктов:

$$\overline{K(X)} \vee L(X), K(X) \vee \overline{M(X)}, \overline{L(X)} \vee \overline{N(X)}, N(c), M(c).$$

2. Построить прямое произведение автоматов и, применив теорему Мура, выяснить, эквивалентны ли они

	a	b	a	b		a	b	a	b
k	n	m	1	0	p	r	q	1	0
l	m	n	0	1	q	q	s	0	1
m	l	n	0	1	r	p	q	1	0

n	k	l	1	0	s	p	q	1	0
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

3. Построить минимальный автомат, эквивалентный данному

	a	b	a	b
1	4	1	0	0
2	6	1	1	0
3	5	1	1	0
4	7	2	0	1
5	7	2	0	1
6	8	3	0	1
7	9	6	1	0
8	9	5	1	0
9	9	4	1	1

8.2. Вопросы для итогового контроля освоения дисциплины (2 семестр - зачет с оценкой)

Билет для зачета с оценкой включает контрольные вопросы по разделам 1-6 рабочей программы дисциплины и содержит 8 вопросов. 1 – 8 вопросы оцениваются по 5 баллов за каждый вопрос.

1. Задание множеств и осуществление операций над ними. Операции объединения, пересечения, разности, дополнения и декартова произведения.
2. Аксиоматика теории множеств. Алгебра Кантора.
3. Минимизация представлений множеств.
4. Диаграммы Эйлера-Венна.
5. Способы задания бинарных отношений.
6. Свойства бинарных отношений.
7. Разбиения.
8. Отношения эквивалентности и порядка.
9. Представление n-арных отношений бинарными.
10. Алгебра отношений.
11. Инъекция, сюръекция и биекция.
12. Полугруппы. Моноиды.
13. Определение группы. Подгруппы.
14. Циклические группы.
15. Группы подстановок.
16. Изоморфизм групп.
17. Смежные классы по подгруппе. Нормальные делители. Фактор-группы.
18. Кольца: определения, свойства, примеры.
19. Поля.
20. Задание и характеристики графов. Виды графов. Подграфы.
21. Матрицы смежности и инцидентности.
22. Степени вершин.
23. Маршруты и цепи.
24. Расстояние между вершинами. Диаметр и радиус графа.
25. Дополнение графа. Удаление и добавление вершин. Удаление и добавление ребер. Отождествление вершин. Расщепление вершин.
26. Объединение графов. Пересечение графов.

27. Компоненты связности. Мосты. Вершинная и реберная связность. Связность ориентированных графов. Алгоритм вычисления связности.
28. Внутренняя устойчивость. Вершинное число независимости. Реберное число независимости. Вершинное и реберное покрытие графа.
29. Внешняя устойчивость. Вершинное и реберное число внешней устойчивости.
30. Эйлеровы циклы.
31. Гамильтоновы циклы.
32. Планарность и укладка графов. Грани плоского графа.
33. Раскраска графов. Хроматическое число. Гипотеза четырех красок.
34. Деревья. Определения. Свойства. Теорема Кэли.
35. Фундаментальная система циклов. Остов наименьшего веса.
36. Упорядоченные деревья. Бинарные деревья.
37. Деревья сортировки. Алгоритм поиска в дереве сортировки.
38. Булевы функции. Способы задания.
39. Формулы булевой алгебры. Основные законы булевой алгебры.
40. Эквивалентность формул. Принцип двойственности.
41. Совершенные дизъюнктивные и совершенные конъюнктивные нормальные формы.
42. Системы элементарных булевых функций. Функционально полные системы элементарных булевых функций. Примеры функционально полных базисов.
43. Важнейшие замкнутые классы. Теорема о функциональной полноте.
44. Минимизация булевых функций. Сокращенная, тупиковая и минимальная формы.
45. Карты Карно.
46. Метод сочетания индексов и метод Куайна.
47. Формальные аксиоматические системы. Символы, выражения, формулы, аксиомы. Правило вывода, непосредственное следствие, вывод, теорема.
48. Аксиомы. Правило *modus ponens*. Теорема дедукции и правило силлогизма.
49. Полнота и непротиворечивость.
50. Независимость аксиом.
51. Разрешимость теории.
52. Проверка выводимости с помощью истинностных таблиц.
53. Секвенции Генцена. Модель миров Крипке.
54. Метод резолюций Робинсона.
55. Метод клауз Вонга.
56. Обратный метод Маслова (благоприятных наборов).
57. Логика предикатов. Переменные, функции, термы, предикаты, кванторы, формулы. Область действия квантора. Свободные и связанные переменные.
58. Интерпретации, равносильность.
59. Распознавание общезначимости.
60. Проблема разрешимости.
61. Аксиомы и правила вывода исчисления предикатов. Теорема дедукции.
62. Непротиворечивость и полнота.
63. Вынесение кванторов и предваренная нормальная форма. Скулемовские стандартные формы.
64. Эрбрановский универсум и теорема Эрбрана.
65. Подстановка и унификация.
66. Метод резолюций и его полнота. Стратегии метода резолюций.
67. Дизъюнкты Хорна.
68. Нечеткие множества.
69. Функция принадлежности.
70. Лингвистическая переменная.
71. Операции над нечеткими множествами.
72. Методы дефаззификации.

73. Нечеткие отношения.
74. Стандартные нечеткие логические операции.
75. Нечеткий вывод. Степени истинности и степени уверенности.
76. Нечеткий аналог метода резолюций.
77. Понятие автоматного преобразования информации и конечного автомата. Способы задания автоматов.
78. Автоматы Мили и Мура.
79. Эквивалентность и минимизация автоматов.
80. Машина Тьюринга: определения, свойства, графы переходов. Машина Поста. Программы для машин.
81. Проблема распознавания. Проблема остановки. Алгоритмически неразрешимые проблемы.
82. Сложность алгоритмов. Меры сложности. Временная и емкостная сложность. Асимптотическая сложность, порядок сложности, сложность в среднем и в худшем случае.
83. Трудноразрешимые задачи.
84. Недетерминированная машина Тьюринга.
85. Классы P и NP. NP-полные задачи.

Максимальное количество баллов на зачете с оценкой (2 семестр) – 40 баллов.

Фонд оценочных средств приведен в виде отдельного документа, являющегося неотъемлемой частью основной образовательной программы.

8.3. Структура и примеры билетов для экзамена

Зачет с оценкой по дисциплине «Дополнительные главы математики» проводится во 2 семестре и включает контрольные вопросы по разделам 1-6 рабочей программы дисциплины. Билет для зачета с оценкой состоит из 8 вопросов, относящихся к указанным разделам.

«Утверждаю» Зав. Кафедрой высшей математики _____ Рудаковская Е.Г. «__» _____ 20__ г.	Министерство науки и высшего образования РФ
	Российский химико-технологический университет имени Д. И. Менделеева
	Кафедра высшей математики
	28.04.02 Наноинженерия
	Дополнительные главы математики

ВАРИАНТ 1

1. Эквивалентность и минимизация автоматов.
2. Планарность и укладка графов.
3. Определить методом Форда-Беллмана минимальный путь из V_1 в V_7 в орграфе, заданном матрицей смежности:

$$\begin{pmatrix} \infty & 3 & \infty & 8 & \infty & \infty & 10 \\ \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & 1 & 7 \\ 1 & 3 & \infty & \infty & \infty & 1 & 5 \\ 4 & \infty & 1 & \infty & \infty & 1 & 3 \\ \infty & 1 & 1 & 1 & \infty & \infty & \infty \\ 1 & \infty & 3 & \infty & 4 & \infty & \infty \\ \infty & 4 & 3 & 1 & \infty & 1 & \infty \end{pmatrix}$$

4. Минимизировать ДНФ:

$$\begin{aligned} & \bar{X}_1 X_2 \bar{X}_3 X_4 \vee \bar{X}_1 X_2 \bar{X}_3 \bar{X}_4 \vee \bar{X}_1 \bar{X}_2 \bar{X}_3 X_4 \vee \bar{X}_1 \bar{X}_2 \bar{X}_3 \bar{X}_4 \vee \\ & \vee X_1 X_2 X_3 \bar{X}_4 \vee X_1 X_2 X_3 X_4 \vee X_1 \bar{X}_2 X_3 X_4 \vee \bar{X}_1 X_2 X_3 \bar{X}_4. \end{aligned}$$

5. Доказать выводимость $(\bar{C} \vee B) \& (C \vee A) \& (\bar{B} \vee \bar{A}) \vdash (B \rightarrow C) \& (C \rightarrow B)$ методом резолюций.

6. Показать методом благоприятных наборов противоречивость набора дизъюнктов:

$$K(X) \vee L(X) \vee M(X), \bar{K}(X) \vee N(X), \bar{L}(X) \vee N(X), \bar{N}(c), \bar{M}(c).$$

7. Найти порядок элемента группы $\begin{pmatrix} 1 & 2 & 3 & 4 & 5 & 6 & 7 & 8 \\ 4 & 6 & 1 & 3 & 7 & 8 & 2 & 5 \end{pmatrix} \in S_8$.

8. Является ли подгруппа $\left(\begin{pmatrix} 1234 \\ 1234 \end{pmatrix}; \begin{pmatrix} 1234 \\ 2341 \end{pmatrix}; \begin{pmatrix} 1234 \\ 3412 \end{pmatrix}; \begin{pmatrix} 1234 \\ 4123 \end{pmatrix} \right)$ группы четных подстановок из четырех элементов нормальной?

9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

9.1. Рекомендуемая литература

А) Основная литература:

1. Палий, И. А. Дискретная математика и математическая логика.: учебное пособие для вузов / И. А. Палий. — 3-е изд., испр. и доп. — М.: Издательство Юрайт, 2022. — 370 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-12446-0. — Текст.: электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/492848>.
2. Гашков, С. Б. Дискретная математика.: учебник и практикум для вузов / С. Б. Гашков, А. Б. Фролов. — 3-е изд., испр. и доп. — М.: Издательство Юрайт, 2022. — 483 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-11613-7. — Текст.: электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/489165>.
3. Дискретная математика: учебное пособие для вузов / Д. С. Ананичев [и др.]; под научной редакцией А. Н. Сесекина. — М.: Издательство Юрайт, 2022. — 108 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-08214-2. — Текст: электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/492307>.

Б) Дополнительная литература:

1. Иванов, Б. Н. Дискретная математика и теория графов.: учебное пособие для вузов / Б. Н. Иванов. — М.: Издательство Юрайт, 2022. — 177 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-14470-3. — Текст: электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/497014>.

9.2. Рекомендуемые источники научно-технической информации

- Раздаточный иллюстративный материал к лекциям.
- Презентации к лекциям.
- Методические рекомендации.
- Комплекс обучающих программ.

Ресурсы информационно-телекоммуникационной сети Интернет:

-- <http://kvm.muctr.ru/> – сайт кафедры высшей математики.

9.3. Средства обеспечения освоения дисциплины

Для реализации рабочей программы подготовлены следующие средства обеспечения освоения дисциплины:

- компьютерные презентации интерактивных лекций – <https://moodle.muctr.ru/>, (общее число слайдов – 140);
- банк тестовых заданий для текущего контроля освоения дисциплины (50 вариантов на каждую контрольную точку, всего 3 контрольные работы, общее число вариантов – 150);
- банк тестовых заданий для итогового контроля освоения дисциплины (50 билетов для итогового контроля, всего 1 итоговая аттестация, общее число билетов – 50).

12. ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНОМ ПРОЦЕССЕ

Информационную поддержку изучения дисциплины осуществляет Информационно-библиотечный центр (ИБЦ) РХТУ им. Д.И. Менделеева, который обеспечивает обучающихся основной учебной, учебно-методической и научной литературой, необходимой для организации образовательного процесса по дисциплине. Общий объем многоотраслевого фонда ИБЦ на 01.01.2025 г. составляет **1 563 142** экз.

Фонд ИБЦ располагает учебной, учебно-методической и научно-технической литературой в форме печатных и электронных изданий, а также включает официальные, справочно-библиографические, специализированные отечественные и зарубежные периодические и информационные издания. ИБЦ обеспечивает доступ к профессиональным базам данных, информационным, справочным и поисковым системам.

Каждый обучающийся обеспечен свободным доступом из любой точки, в которой имеется доступ к сети Интернет и к электронно-библиотечной системе (ЭБС) Университета, которая содержит различные издания по основным изучаемым дисциплинам и сформирована по согласованию с правообладателями учебной и учебно-методической литературы.

Для более полного и оперативного справочно-библиографического и информационного обслуживания в ИБЦ реализована технология Электронной доставки документов.

Полный перечень электронных информационных ресурсов, используемых в процессе обучения, представлен в основной образовательной программе.

11. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

В соответствии с учебным планом занятия по дисциплине «Дополнительные главы математики» проводятся в форме лекций, практических занятий и самостоятельной работы обучающегося.

11.1. Оборудование, необходимое в образовательном процессе:

Учебные аудитории для проведения лекционных и практических занятий, оборудованные традиционными учебными досками и учебной мебелью; библиотека, имеющая рабочие компьютерные места для студентов, оснащенные компьютерами с доступом к базам данных и выходом в Интернет.

11.2. Учебно-наглядные пособия:

Учебно-методические пособия, разработанные на кафедре высшей математики, выложены на сайте кафедры <http://kvm.muctr.ru> и на сайте библиотеки РХТУ имени Д.И.Менделеева <https://lib.muctr.ru>.

11.3. Компьютеры, информационно-телекоммуникационные сети, аппаратно-программные и аудиовизуальные средства:

Персональные компьютеры, принтеры, сканер и копировальный аппарат используются для подготовки раздаточных материалов.

11.4. Печатные и электронные образовательные и информационные ресурсы:

Информационно-методические материалы: учебные пособия по дисциплине; раздаточный материал к разделам лекционного курса; раздаточный материал к практическим занятиям по дисциплине, комплекты контрольных и экзаменационных билетов.

Учебно-методические разработки в электронном виде; справочные материалы в печатном и электронном виде.

11.5. Перечень лицензионного программного обеспечения:

№ п.п.	Наименование программного продукта	Реквизиты договора поставки	Срок окончания действия лицензии
1.	WINDOWS 8.1 Professional Get Genuine	Контракт № 62-64ЭА/2013 от 02.12.2013	бессрочно
2.	Micosoft Office Standard 2013	Контракт № 62-64ЭА/2013 от 02.12.2013	бессрочная
3.	WINHOME 10 Russian OLV NL Each AcademicEdition	Контракт № 28-35ЭА/2020 от 26.05.2020	бессрочно
4.	Microsoft Office Professional Plus 2019 В составе: • Word • Excel • Power Point • Outlook	Контракт № 175-262ЭА/2019 от 30.12.2019	12 месяцев (ежегодное продление подписки с правом перехода на обновлённую версию продукта)
5.	Kaspersky Endpoint Security для бизнеса – Стандартный Russian Edition.	Договор № 99-155ЭА-223/2024 от 25.11.2024	24 месяца (продление подписки с правом перехода на обновлённую версию продукта)

12. ТРЕБОВАНИЯ К ОЦЕНКЕ КАЧЕСТВА ОСВОЕНИЯ ПРОГРАММЫ

Наименование разделов	Основные показатели оценки	Формы и методы контроля и оценки
-----------------------	----------------------------	----------------------------------

Раздел 1. Элементы теории множеств и алгебраические структуры	знает: - основные понятия и методы дискретной математики, математических методов решения профессиональных задач; умеет: - применять математические методы при решении типовых профессиональных задач, владеет: - методами построения математической модели типовых профессиональных задач и содержательной интерпретации полученных результатов.	Оценка за контрольную работу № 1 Оценка на зачете с оценкой
Раздел 2. Элементы теории графов	знает: - основные понятия и методы дискретной математики, математических методов решения профессиональных задач; умеет: - применять математические методы при решении типовых профессиональных задач, владеет: - методами построения математической модели типовых профессиональных задач и содержательной интерпретации полученных результатов.	Оценка за контрольную работу № 1 Оценка на зачете с оценкой
Раздел 3. Булевы функции	знает: - основные понятия и методы дискретной математики, математических методов решения профессиональных задач; умеет: - применять математические методы при решении типовых профессиональных задач, владеет: - методами построения математической модели типовых профессиональных задач и содержательной интерпретации полученных результатов.	Оценка за контрольную работу № 2 Оценка на зачете с оценкой
Раздел 4. Исчисление высказываний	знает: - основные понятия и методы дискретной математики, математических методов решения профессиональных задач; умеет: - применять математические методы при решении типовых профессиональных задач, владеет: - методами построения математической модели типовых профессиональных задач и содержательной интерпретации полученных результатов.	Оценка за контрольную работу № 2 Оценка на зачете с оценкой
Раздел 5 Исчисление предикатов и нечеткая логика	знает: - основные понятия и методы дискретной математики, математических методов решения профессиональных задач; умеет:	Оценка за контрольную работу № 3 Оценка на зачете с

	- применять математические методы при решении типовых профессиональных задач, - владеет: - методами построения математической модели типовых профессиональных задач и содержательной интерпретации полученных результатов.	оценкой
Раздел 6 Конечные автоматы, машины Тьюринга-Поста, сложность вычислений	знает: - основные понятия и методы дискретной математики, математических методов решения профессиональных задач; умеет: - применять математические методы при решении типовых профессиональных задач, - владеет: - методами построения математической модели типовых профессиональных задач и содержательной интерпретации полученных результатов.	Оценка за контрольную работу № 3 Оценка на зачете с оценкой

13. ОСОБЕННОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ДЛЯ ИНВАЛИДОВ И ЛИЦ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ

Обучение инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья осуществляется в соответствии с:

- Порядком организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры (Приказ Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 06.04.2021 № 245);

- Положением о порядке организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева», принятым решением Ученого совета РХТУ им. Д.И. Менделеева от 28.12.2022, протокол № 5;

- Методическими рекомендациями по организации образовательного процесса для обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья в образовательных организациях высшего образования, в том числе оснащённости образовательного процесса (утверждены заместителем Министра образования и науки РФ А.А. Климовым от 08.04.2014 № АК-44/05вн).

Дополнения и изменения к рабочей программе дисциплины
«Дополнительные главы математики»
 основной образовательной программы
28.04.02 Наноинженерия

Форма обучения: очная

Номер изменения/ дополнения	Содержание дополнения/изменения	Основание внесения изменения/дополнения
1		протокол заседания Ученого совета № _____ от «__» _____ 20__ г.
		протокол заседания Ученого совета № _____ от «__» _____ 20__ г.
		протокол заседания Ученого совета № _____ от «__» _____ 20__ г.
		протокол заседания Ученого совета № _____ от «__» _____ 20__ г.
		протокол заседания Ученого совета № _____ от «__» _____ 20__ г.

**Министерство науки и высшего образования Российской
Федерации Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Российский химико-технологический университет
имени Д.И. Менделеева»**

«УТВЕРЖДЕНО»

на заседании Ученого совета

РХТУ им. Д.И. Менделеева

протокол № 30 от «30» июня 2025 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«Квантовая химия»

Направление подготовки 28.04.02 Наноинженерия

Магистерская программа – «Материалы и технологии наноинженерии»

Квалификация «магистр»

Форма обучения: очная

Москва 2025

Программа составлена:

заведующим кафедрой квантовой химии, д.ф-м.н., профессором В.Г. Цирельсоном,
доцентом кафедры квантовой химии, к.х.н., ст.н.с., А.Н. Егоровой

Программа рассмотрена и одобрена на расширенном заседании кафедры квантовой химии
РХТУ им.Д.И. Менделеева « 22 » мая 2025 г., протокол № 3.

1. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

Программа составлена в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования – магистратура по направлению подготовки **28.04.02 Нанотехнологии (магистерская программа – «Материалы и технологии нанотехнологии»)** ФГОС ВО и накопленного опыта преподавания дисциплины кафедрой **квантовой химии** РХТУ им. Д.И. Менделеева. Программа рассчитана на изучение дисциплины в течение одного семестра.

Дисциплина **«Квантовая химия»** относится к вариативной части дисциплин учебного плана. Программа дисциплины предполагает, что обучающиеся имеют определенную подготовку по курсу «Общая и неорганическая химия», «Физическая химия», «Математика» и «Физика», которые изучаются в РХТУ в 1-4 семестрах, а также опыт восприятия и конспектирования изучаемого материала.

Цель дисциплины – заложить фундамент для работы будущих магистров в условиях современных наукоемких химико-технологических производств и обеспечить возможность самостоятельного и быстрого освоения ими новых инновационных производственных процессов и новой современной техники.

Задачи дисциплины состоят в изучении основных понятий современной квантовой химии и квантово-химических методов расчета строения и свойств химических систем; во введении студентов в круг основных представлений о химической связи и межмолекулярных взаимодействиях и ознакомлении на этой основе с особенностями химической связи в химических веществах и обусловленных этим свойствами материалов; в освоении работы с основными квантово-химическими компьютерными программами, используемыми на практике.

Дисциплина **«Квантовая химия»** преподается в 1 семестре. Контроль успеваемости магистров ведется по принятой в университете рейтинговой системе.

Рабочая программа дисциплины может быть реализована с применением электронных образовательных технологий и электронного обучения полностью или частично.

2. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Изучение дисциплины направлено на приобретение следующих **компетенций и индикаторов их достижения:**

Профессиональные компетенции и индикаторы их достижения:

Задача профессиональной деятельности	Объект или область знания	Код и наименование ПК	Код и наименование индикатора достижения ПК	Основание (профессиональный стандарт, анализ опыта) Обобщенные трудовые функции
Тип задач профессиональной деятельности: научно-исследовательский и инновационный				
– планирование и проведение теоретических и экспериментальных исследований в области инженерных нанотехнологий с целью совершенствования объектов профессиональной деятельности, обоснования их технических характеристик, определения условий их применения и эксплуатации; – участие в составе коллектива в работах по решению инновационных проблем нанотехнологий – от идеи, фундаментальных и прикладных исследований	– методы исследований, испытаний, диагностики и контроля качества наноматериалов, полуфабрикатов и изделий на их основе; – наноматериалы, процессы нанотехнологий и методы нанодиагностики для химии, фармацевтики, биотехнологии, энергетики, научных исследований и других областей техники.	ПК-2. Готов к анализу и систематизации научно-технической информации по теме исследования, выбору методик и средств решения задачи, анализу результатов и их интерпретации	ПК-2.2 Умеет применять информационно-коммуникационные технологии для сбора, структурирования и анализа информации и программно-информационные комплексы для проведения научно-исследовательских работ	Профессиональный стандарт 40.011 «Специалист по научно-исследовательским и опытно-конструкторским разработкам», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 04.03.2014 № 121н. Обобщенная трудовая функция С. Проведение научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ по тематике организации. С /01.6. Осуществление научного руководства проведением исследований по отдельным задачам (уровень квалификации – 6)

Задача профессиональной деятельности	Объект или область знания	Код и наименование ПК	Код и наименование индикатора достижения ПК	Основание (профессиональный стандарт, анализ опыта) Обобщенные трудовые функции
до создания промышленных изделий.				
– планирование и проведение теоретических и экспериментальных исследований в области инженерных нанотехнологий с целью совершенствования объектов профессиональной деятельности, обоснования их технических характеристик, определения условий их применения и эксплуатации; – участие в составе коллектива в работах по решению инновационных проблем нанотехнологий – от идеи, фундаментальных и прикладных исследований до создания промышленных изделий.	– методы исследований, испытаний, диагностики и контроля качества наноматериалов, полуфабрикатов и изделий на их основе; – наноматериалы, процессы нанотехнологий и методы нанодиагностики для химии, фармацевтики, биотехнологии, энергетики, научных исследований и других областей техники.	ПК-4. Способен применять расчётно-теоретические методы для обработки измерений параметров, изучения и модификации свойств наноматериалов и наноструктур с использованием современной вычислительной техники	ПК-4.2 Умеет использовать расчётно-теоретические методы для изучения свойств наноматериалов и наноструктур и процессов с их участием.	Профессиональный стандарт 40.104 «Специалист по измерению параметров и модификации свойств наноматериалов и наноструктур», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 07.09.2015 № 593н. Обобщенная трудовая функция D: Руководство подразделениями по измерениям параметров и модификации свойств наноматериалов и наноструктур. D/01.7: Организация и контроль процессов измерений параметров и модификации свойств наноматериалов и наноструктур (уровень квалификации – 7)

В результате изучения дисциплины студент магистратуры должен:

Знать:

- основные положения квантовой химии, современной теории химической связи и межмолекулярного взаимодействия и примеры ее применения к конкретным химическим системам;
- принципы количественной характеристики атомной и электронной структуры молекулярных систем и полимеров;
- основные взаимосвязи между электронной структурой и физико-химическими свойствами веществ, лежащие в основе управления свойствами;
- возможности основных современных квантово-химических расчетных методов и области их применимости.

Уметь:

- применять квантово-химические подходы и методы для расчета, интерпретации и предсказания строения и свойств молекулярных, супрамолекулярных систем и полимеров.

Владеть:

- элементарными навыками применения квантово-химических подходов и методов при решении практических технологических задач и стандартными квантово-химическими компьютерными программами.

3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ

Вид учебной работы	Объем дисциплины		
	ЗЕ	Акад. ч.	Астр. ч.
Общая трудоемкость дисциплины	4	144	108
Контактная работа – аудиторные занятия:	0,94	34	26
Лекции	0,47	17	13
Практические занятия (ПЗ)	-	-	-
Лабораторные работы (ЛР)	0,47	17	13
Самостоятельная работа	2,06	74	55
Самостоятельное изучение разделов дисциплины	2,06	74	55
Вид контроля:			
Экзамен	1	36	27
Контактная работа – промежуточная аттестация	1.0	0,4	0,3
Подготовка к экзамену.		35,6	26,7
Вид итогового контроля:	экзамен		

4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1 Разделы дисциплины и виды занятий

№ п/п	Раздел дисциплины	Академ. час.				
		Всего	Лекции	Прак. зан.	Лаб. работы	Сам. работа
	Введение	1	1			
	Раздел 1. Общие принципы	25	5	-	2	18
	Раздел 2. Методы квантовой химии	55	6	-	11	38

	Раздел 3. Химическая связь и межмолекулярные взаимодействия. Квантово-химическое описание реакций.	27	5	-	4	18
	ИТОГО	108	17		17	74
	Экзамен	36				
	ИТОГО	144				

4.2. Содержание разделов дисциплины

Введение. Предмет квантовой химии. Роль квантовой химии в описании химических явлений и процессов. Взаимосвязь классической и квантовой моделей молекул.

Раздел 1. Общие принципы.

1.1. Основные приближения.

Основные положения квантовой механики. Вариационный метод нахождения волновых функций. Приближение независимых частиц. Метод самосогласованного поля для атомов. Приближение центрального поля. Атомные орбитали и их характеристики.

1.2. Одноэлектронные и многоэлектронная волновая функция и методы их расчета.

Антисимметричность электронной волновой функции. Спин-орбитали. Детерминант Слейтера. Методы Хартри-Фока и Кона-Шэма, химическая трактовка результатов. Электронные конфигурации атомов с точки зрения квантовой химии.

Раздел 2. Методы квантовой химии.

2.1. Молекулярная структура, электронная корреляция.

Приближение Борна-Оппенгеймера, адиабатический потенциал и понятие молекулярной структуры. Методы Хартри-Фока и Кона-Шэма для молекулы. Приближение МО ЛКАО. Электронная корреляция. Метод конфигурационного взаимодействия. Теорема Бриллюэна. Теория возмущений. Расчет энергии диссоциации химических связей.

2.2. Неэмпирические и полуэмпирические методы.

Иерархия методов квантовой химии. Неэмпирическая квантовая химия. Базисные функции для неэмпирических расчетов. Атомные и молекулярные базисные наборы. Роль базисных функций в описании свойств молекул.

Полуэмпирические методы. π -электронное приближение. Метод Парризера-Попла-Парра. Простой и расширенный методы Хюккеля. Точность квантово-химических расчетов химических свойств молекул.

Раздел 3. Химическая связь и межмолекулярные взаимодействия.

Орбитальная картина химической связи. Конструктивная и деструктивная интерференция орбиталей. Молекулярные орбитали и их симметричная классификация. Корреляционные диаграммы. Электронные конфигурации двухатомных молекул. Анализ заселенностей орбиталей по Малликену. Понятие о зарядах и порядках связей. Пространственное распределение электронной плотности. Деформационная электронная плотность. Квантово-химический анализ межмолекулярных взаимодействий.

Заключение. Квантовая химия как инструмент прогноза в химии.

.5. СООТВЕТСТВИЕ СОДЕРЖАНИЯ ТРЕБОВАНИЯМ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

В результате освоения дисциплины студент должен:	Раздел		
Знать:	1	2	3
- основные положения квантовой химии, современной теории	+		

химической связи и межмолекулярного взаимодействия и примеры ее применения к конкретным химическим системам; - принципы количественной характеристики атомной и электронной структуры молекулярных систем и полимеров; - основные взаимосвязи между электронной структурой и физико-химическими свойствами веществ, лежащие в основе управления свойствами; - возможности основных современных квантово-химических расчетных методов и области их применимости.			+	
Уметь:				
- применять квантово-химические подходы и методы для расчета, интерпретации и предсказания строения и свойств молекулярных, супрамолекулярных систем и полимеров.		+	+	+
Владеть:				
- элементарными навыками применения квантово-химических подходов и методов при решении практических технологических задач и стандартными квантово-химическими компьютерными программами.		+	+	+
В результате освоения дисциплины студент должен приобрести следующие профессиональные компетенции и индикаторы их достижения:				
Код и наименование ПК (перечень из п.2)	Код и наименование индикатора достижения ПК (перечень из п.2)	+	+	+
ПК-2. Готов к анализу и систематизации научно-технической информации по теме исследования, выбору методик и средств решения задачи, анализу результатов и их интерпретации	ПК-2.2 Умеет применять информационно-коммуникационные технологии для сбора, структурирования и анализа информации и программно-информационные комплексы для проведения научно-исследовательских работ	+	+	+
ПК-4. Способен применять расчётно-теоретические методы для обработки измерений параметров, изучения и модификации свойств наноматериалов и наноструктур с использованием современной вычислительной техники	ПК-4.2 Умеет использовать расчётно-теоретические методы для изучения свойств наноматериалов и наноструктур и процессов с их участием	+	+	+

6. ПРАКТИЧЕСКИЕ И ЛАБОРАТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ

6.1. Практические занятия

Не предусмотрены

6.2. Лабораторные расчетные занятия

Выполнение лабораторных расчетных работ способствует закреплению материала, изучаемого в дисциплине «**Квантовая химия**», а также дает знания о квантово-химических подходах и методах для расчета, интерпретации и предсказания строения и свойств молекулярных и супрамолекулярных систем. Максимальное количество баллов за выполнение лабораторных расчетных работ составляет 30 баллов (максимально по 10 баллов за каждую работу). Количество работ и баллов за каждую работу может быть изменено в зависимости от их трудоемкости.

№ п/п	№ раздела дисциплины	Темы лабораторных расчетных занятий	Часы
1	1, 2	Неэмпирический квантово-химический расчет молекулы (в соответствии со специализацией магистров).	10
2	2	Полуэмпирические методы квантовой химии.	10
3	2, 3	Химическая интерпретация результатов квантово-химических расчетов Поиск квантово-химической информации в Интернете. Работа с базами данных.	7

7. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА

Самостоятельная работа проводится с целью углубления знаний по дисциплине, развития навыка самообучения и предусматривает следующие виды:

- регулярную проработку пройденного на лекциях и практических занятиях учебного материала;
- ознакомление и проработку рекомендованной литературы, работу с электронно-библиотечными системами, включая переводы публикаций из научных журналов, цитируемых в базах Scopus, Web of Science, Chemical Abstracts, РИНЦ;
- посещение научных семинаров и конференций различного уровня;
- участие в семинарах РХТУ им. И. Менделеева по тематике дисциплины;
- подготовку к выполнению контрольных работ по материалу лекционного курса;
- подготовку к сдаче **экзамена** (1 семестр).

Планирование времени на самостоятельную работу, необходимого на изучение дисциплины, студентам лучше всего осуществлять на весь период изучения, предусматривая при этом регулярное повторение пройденного материала. Материал, законспектированный на лекциях, необходимо регулярно дополнять сведениями из литературных источников, представленных в учебной программе. При работе с указанными источниками рекомендуется составлять краткий конспект материала, с обязательным фиксированием библиографических данных источника.

8. ПРИМЕРЫ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Совокупная оценка по дисциплине складывается из оценок за выполнение контрольных работ (максимальная оценка 30 баллов), лабораторных расчетных работ (максимальная оценка 30 баллов) и итогового контроля в форме **экзамена** (максимальная оценка 40 баллов).

8.1. Примерная тематика реферативно-аналитической работы.

Не предусмотрено.

8.2. Примеры контрольных вопросов для текущего контроля освоения дисциплины

Для текущего контроля предусмотрено 2 контрольные работы. Максимальная оценка за контрольные работы 30 (1 семестр) и составляет по 15 баллов за каждую, 30 баллов отводятся на устный опрос на лабораторных расчетных занятиях.

Раздел 1. Примеры вопросов к контрольной работе № 1. Контрольная работа содержит 4 вопроса, которые оцениваются следующим образом 1, 2 и 3 вопросы – по 4 балла, 4 вопрос – 3 балла.

1. Изложите суть вариационного принципа.
2. Что такое узлы атомной радиальной функции? Как сосчитать их число?
3. Приведите зависимость интеграла перекрывания S_{ij} от межъядерного расстояния для связи типа $\sigma(s, s)$.
4. Почему нельзя получить точное решение уравнения Шредингера для систем, содержащих больше одного электрона?

Раздел 2, 3. Примеры вопросов к контрольной работе № 2. Контрольная работа содержит 4 вопроса, которые оцениваются следующим образом 1, 2 и 3 вопросы – по 4 балла, 4 вопрос – 3 балла.

1. Базисные наборы Попла.
2. Какие полуэмпирические методы предпочтительны для расчета а) теплот образования; б) водородных связей?
3. Сколько базисных функций используется при расчете молекулы CH_2F_2 в базисах TZ и 6-31 G**?
4. Определите понятия «Базис» и «Базисная функция».

Примеры вопросов для устных опроса №1 на лабораторных расчетных занятиях:

Опрос содержит 2 вопроса: 1 вопрос – 8 баллов; 2 вопрос – 7 баллов.

1. Что такое неэмпирический квантово-химический расчёт?
2. Что такое атомная орбиталь? Дать определение.

Примеры вопросов для устных опроса №2 на лабораторных расчетных занятиях:

Опрос содержит 2 вопроса: 1 вопрос – 8 баллов; 2 вопрос – 7 баллов.

1. Как и почему энергия диссоциации зависит от учета корреляции электронов?
2. Что означает полуэмпирический квантово-химический метод расчёта?

8.3. Вопросы для итогового контроля освоения дисциплины (1 семестр – экзамен).

Экзаменационный билет включает контрольные вопросы по разделам 1, 2, 3 рабочей программы дисциплины и содержит 4 вопроса. 1 вопрос – 15 баллов, вопрос 2 – 10 баллов, вопрос 3 – 7 баллов; вопрос 4 – 8 баллов.

1. Что такое волновая функция? Требования, которым отвечает волновая функция.
2. В чем состоит приближение независимых частиц? Запишите выражение для многоэлектронной волновой функции в этом приближении.
3. Рассчитайте номер нижней свободной (вакантной) МО молекулы H_2O в методе MNDO и неэмпирическом методе ОХФ (RHF).
4. Сколько базисных функций используется при расчете молекулы FCH_3 в базисных наборах SZ и 6-31G**?

5. Изобразить графически радиальную составляющую атомной орбитали $3s$.
6. Приведите зависимость интеграла перекрывания S_{ij} от межъядерного расстояния для связи типа $\sigma(s, s)$.
7. Какие параметры молекулы необходимо задать при решении электронного уравнения Шредингера? Нужно ли задавать базис в полуэмпирических расчетах?
8. Посчитать число узлов радиальной части $2s$ и $3p$ атомных орбиталей.
9. Что такое волновая функция Хартри? Каким взаимодействием пренебрегают, когда ее записывают?
10. Зачем вводится приближение Борна-Оппенгеймера. Предположения, лежащие в его основе.
11. Что такое узлы угловой части атомной орбитали? Как сосчитать их число?
12. Какие приближения используют при решении уравнения Шредингера для молекул?
13. В каких полуэмпирических методах учитывается корреляция электронов?
14. Что такое атомная орбиталь? Запишите выражение для атомной орбитали атома H.
15. Перечислите кратко основные постулаты квантовой механики.
16. Какие приближения используют для решения уравнения Шредингера для атома?
17. Какой базисный набор предполагается в полуэмпирических методах? Рассчитайте число базисных функций в молекуле H_2O в методе MNDO.
18. Что такое валентные изомеры и конформеры? Чем они отличаются? Привести примеры.
19. Запишите операторы кинетической энергии: системы M ядер; системы N электронов.
20. Как представляют волновую функцию и энергию атома в приближении независимых частиц? Напишите выражение для электронной волновой функции атома гелия.
21. Что такое расширенный базис? Сколько базисных функций используется при расчете молекулы BH_3 в базисном наборе $6-31+G^{**}$?
22. Изобразить графически угловую составляющую атомной орбитали $3d_z^2$ и $4d_z^2$.
23. Запишите операторы потенциальной энергии взаимодействия ядер; ядер и электронов; электронов.
24. Указать условия, при которых образуются связывающие и антисвязывающие молекулярные орбитали. Привести примеры.
25. Основные достоинства и недостатки полуэмпирических методов.
26. Что такое поверхность потенциальной энергии? Как её получают? Что такое особые/критические точки на ППЭ. Как их находят, каков их физический смысл?
27. Какими квантовыми числами для атома определяются радиальная функция, угловая функция и нормировочный множитель?
28. Что такое радиальная функция распределения электронов? Как найти наиболее вероятное положение электрона на орбитали?
29. Основные отличия полуэмпирических методов расчета электронного уравнения Шредингера от неэмпирических. Сколько базисных функций используется при расчете молекулы H_2O_2 в минимальном наборе в методе MNDO и неэмпирическом методе ОХФ (RHF)?
30. Основные свойства радиальных функций.
31. От чего зависит точность неэмпирических методов расчетов?
32. Что такое структурно-нежесткие молекулы? Привести примеры.
33. Что такое атомная орбиталь? Что такое атомная спин-орбиталь?
34. Запишите оператор полной энергии системы M ядер и N электронов. Какой смысл имеют составляющие этого оператора?
35. В чем суть метода самосогласованного поля? Почему прибегают к приближению ССП при решении электронного уравнения Шредингера?
36. Запишите гамильтониан двухатомной молекулы. Почему нельзя получить точное решение уравнения Шредингера для многоэлектронных систем?
37. Записать выражение для волновой функции в приближении МО ЛКАО, пояснить

смысл входящих в него величин.

38. Рассчитайте номер верхней занятой МО молекулы HCCN в методе MNDO и неэмпирическом методе ОХФ (RHF).

39. Две основные разновидности классификации базисных наборов.

40. Что такое поверхность потенциальной энергии? Как её получают? Приведите примеры валентных изомеров и структурно-нежестких молекул.

41. Как зависит атомная орбиталь от расстояния вдали от ядра?

42. Почему в методе Хартри-Фока не учитывается электронная корреляция? В расчетах каких свойств необходим её учет? Опишите основные методы учета электронной корреляции.

43. Какие полуэмпирические методы пригодны для расчета спектральных характеристик молекул?

44. Что такое молекулярная орбиталь? Записать выражение для молекулярной орбитали в приближении МО ЛКАО.

45. Какие полуэмпирические методы предпочтительны для расчета а) теплот образования; б) водородных связей?

46. Как количественно охарактеризовать энергию корреляции?

47. Какому условию должна удовлетворять радиальная часть электронной волновой функции, чтобы волновая функция на ядре была конечна и непрерывна?

48. Основные идеи, лежащие в основе метода MNDO. Применим ли этот метод для расчета: а) теплот образования? б) водородных связей.

49. Что понимают под обозначениями SZ, DZ, TZ? Являются ли указанные базисы расширенными?

50. Теорема Купманса. Какие характеристики атомов и молекул можно рассчитать с ее помощью?

51. Изобразите радиальные составляющие АО 1s, 2s, 3s – типа. Укажите узловые точки и наиболее вероятное положение электрона на соответствующей орбитали.

52. Нарисовать зависимость слейтеровской и гауссовой базисных функций от расстояния до точки центрирования.

53. Чем отличаются ограниченный и неограниченный методы Хартри-Фока?

54. Основные методы учета электронной корреляции.

55. В чем заключается π -электронное приближение. Его физическое обоснование.

56. Какие характеристики молекулы анализируют в квантово-топологической теории молекулярной структуры Бейдера?

57. Необходимое и достаточное условие образования ковалентной химической в теории Бейдера.

58. Что такое атомный бассейн электронной плотности? С какими свойствами атома в молекуле коррелирует его размер?

59. Какие характеристики молекулы анализируют в квантово-топологической теории Бейдера?

60. Как характеризует тип химической связи знак $\nabla^2\rho$ в критической точке связи?

61. Перечислить возможные типы невырожденных критических точек электронной плотности. Какая из них характеризует химическую связь?

62. Поверхность потенциальной энергии молекулы.

63. Критические точки распределения электронной плотности как характеристики структуры молекул и химической связи.

64. Какой знак лапласиана электронной плотности характерен для критической точки ковалентной связи?

65. Квантово-топологическая теория химической связи.

66. Какой тип критической точки в межъядерном пространстве характерен для химической связи?

67. Какова размерность поверхностей потенциальной энергии для молекул ацетилена и метана?
68. Лапласиан электронной плотности как характеристика химической связи.
- Максимальное количество баллов за **экзамен** – 40 баллов.

Полный перечень оценочных средств приведен в виде отдельного документа, являющегося неотъемлемой частью основной образовательной программы.

8.4. Структура и примеры билетов для **экзамена** (1 семестр).

Экзамен по дисциплине «**Квантовая химия**» проводится в 1 семестре и включает контрольные вопросы по разделам 1-3 рабочей программы дисциплины. Билет для **экзамена** состоит из 4 вопросов, относящихся к указанным разделам.

Пример билета для **экзамена**.

«Утверждаю» Зав. кафедрой квантовой химии _____В.Г. Цирельсон «__» _____ 2025 г.	Министерство науки и высшего образования РФ
	Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева
	Кафедра квантовой химии
	28.04.02 Нанотехнологии
	Магистерская программа – «Материалы и технологии нанотехнологии»
Дисциплина «Квантовая химия»	
Билет № 1	
1. Основные идеи неэмпирической квантовой химии (15 баллов). 2. Метод МО Хюккеля. Пределы его применимости (10 баллов). 3. Сколько базисных функций используется при расчете молекулы CO₂ в базисе 6-31G*? Каков их вид? (8 баллов) 4. Как и почему энергия диссоциации зависит от учета корреляции электронов? (7 баллов)	

9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

9.1.Рекомендуемая литература

А. Основная литература

- В.Г. Цирельсон Квантовая химия. Молекулы, молекулярные системы и твердые тела [Текст]: учебное пособие / В. Г. Цирельсон. - М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2010.
- В.Г. Цирельсон Квантовая химия. Молекулы, молекулярные системы и твердые тела: учебное пособие для вузов: учебное пособие / В. Г. Цирельсон. — 5-е изд. — Москва: Лаборатория знаний, 2021. — 522 с. — ISBN 978-5-93208-518-9. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/172254> (дата обращения: 01.06.2022). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

Б. Дополнительная литература

- В.Г. Цирельсон, М.Ф. Бобров. Многоэлектронный атом. М.: РХТУ, 2006, 69с.
- В.Г. Цирельсон, М.Ф. Бобров. Квантовая химия молекул. М.: РХТУ, 2001, 108 с.
- В.Г. Цирельсон. Химическая связь и межмолекулярное взаимодействие. М.: РХТУ, 2005, 131с.

9.2. Рекомендуемые источники научно-технической информации

- Журнал структурной химии. ISSN: 0136-7463
- Известия АН: серия химич. ISSN: 1066-5285
- Journal of the American Chemical Society. ISSN: 0002-7863
- International Journal of Quantum Chemistry. ISSN: 0020-7608
- Journal of Computational Chemistry. ISSN: 0192-8651.

9.3. Средства обеспечения освоения дисциплины

Для реализации учебной программы подготовлены следующие средства обеспечения освоения дисциплины:

- электронный курс лекций;
- компьютерные презентации лекций;
- интерактивные тестовые задания для самоконтроля по квантовой химии;
- раздаточные материалы;
- методические указания;
- справочные материалы и гипертекстовый словарь основных терминов и понятий квантовой химии.

10. ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНОМ ПРОЦЕССЕ

Информационную поддержку изучения дисциплины осуществляет Информационно-библиотечный центр (ИБЦ) РХТУ им. Д.И. Менделеева, который обеспечивает обучающихся основной учебной, учебно-методической и научной литературой, необходимой для организации образовательного процесса по дисциплине. Общий объем многоотраслевого фонда ИБЦ на 01.01.2025 г. составляет 1 563 142 экз.

Фонд ИБЦ располагает учебной, учебно-методической и научно-технической литературой в форме печатных и электронных изданий, а также включает официальные, справочно-библиографические, специализированные отечественные и зарубежные периодические и информационные издания. ИБЦ обеспечивает доступ к профессиональным базам данных, информационным, справочным и поисковым системам.

Каждый обучающийся обеспечен свободным доступом из любой точки, в которой имеется доступ к сети Интернет и к электронно-библиотечной системе (ЭБС) Университета, которая содержит различные издания по основным изучаемым дисциплинам и сформирована по согласованию с правообладателями учебной и учебно-методической литературы.

Для более полного и оперативного справочно-библиографического и информационного обслуживания в ИБЦ реализована технология Электронной доставки документов.

Полный перечень электронных информационных ресурсов, используемых в процессе обучения, представлен в основной образовательной программе.

11. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

В соответствии с учебным планом занятия по дисциплине «*Квантовая химия*» проводятся в форме лекций, лабораторных расчетных занятий и самостоятельной работы.

11.1. Оборудование, необходимое в образовательном процессе:

Лекционная учебная аудитория, оборудованная электронными средствами демонстрации (компьютер со средствами звуковоспроизведения, проектор, экран) и учебной мебелью; библиотека, имеющая рабочие компьютерные места, оснащенные компьютерами с доступом к базам данных и выходом в Интернет.

11.2. Учебно-наглядные пособия:

Не предусмотрены

11.3. Компьютеры, информационно-телекоммуникационные сети, аппаратно-программные и аудиовизуальные средства:

Персональные компьютеры, укомплектованные USB, CD и DVD возможностями, принтерами и программными средствами; проекторы и экраны; копировальные аппараты; локальная сеть с выходом в Интернет.

11.4. Печатные и электронные образовательные и информационные ресурсы:

Информационно-методические материалы: учебные пособия по дисциплине; раздаточный материал к разделам дисциплины.

Электронные образовательные ресурсы: курс лекций, методические указания к практическим занятиям, электронные презентации к разделам лекционного курса; учебно-методические разработки в электронном виде; справочные материалы в печатном и электронном виде; кафедральная библиотека электронных изданий и диссертационных работ, выполненных аспирантами и сотрудниками кафедры.

11.5. Перечень лицензионного программного обеспечения:

№ п/п	Наименование программного продукта	Реквизиты договора поставки	Количество лицензий	Срок окончания действия лицензии
1	Microsoft Office Standard 2019 В составе: • Word • Excel • Power Point • Outlook	Контракт №175-262ЭА/2019 от 30.12.2019	4 лицензии для активации на рабочих станциях	12 месяцев (ежегодное продление подписки с правом перехода на обновлённую версию продукта)
2	Kaspersky Endpoint Security для бизнеса – Стандартный Russian Edition.	Договор № 99-155ЭА-223/2024 от 25.11.2024		12 месяцев (ежегодное продление подписки с правом перехода на обновлённую версию продукта)
3	Micosoft Office Standard 2013	Контракт № 62-64ЭА/2013	2 лицензии для активации на	бессрочная

		от 02.12.2013	рабочих станциях	
4	WINDOWS 8.1 Professional Get Genuine	Контракт № 62-64ЭА/2013 от 02.12.2013	2 лицензии для активации на рабочих станциях	бессрочная
5	Google Chrome	бесплатное ПО	-	-
6	Firefly	бесплатное ПО	5	бессрочно
7	HyperChem Student	бесплатное ПО	5	бессрочно
8	Diamond 2.x	бесплатное ПО	-	-

12. ТРЕБОВАНИЯ К ОЦЕНКЕ КАЧЕСТВА ОСВОЕНИЯ ПРОГРАММЫ

Наименование разделов	Основные показатели оценки	Формы и методы контроля и оценки
Раздел 1. Общие принципы	<i>Знает</i> - основные положения квантовой химии, современной теории химической связи и межмолекулярного взаимодействия и примеры ее применения к конкретным химическим системам; <i>Умеет</i> - применять квантово-химические подходы и методы для расчета, интерпретации и предсказания строения и свойств молекулярных систем и полимеров. <i>Владеет</i> - элементарными навыками применения квантово-химических подходов и методов при решении практических технологических задач и стандартными квантово-химическими компьютерными программами.	Оценка за устный опрос на лабораторных расчетных занятиях. Оценка за первую контрольную работу. Оценка за экзамен.
Раздел 2. Методы квантовой химии.	<i>Знает</i> - принципы количественной характеристики атомной и электронной структуры молекулярных систем и полимеров; - возможности основных современных квантово-химических расчетных методов и области их применимости. <i>Умеет</i>	Оценка за устный опрос на лабораторных расчетных занятиях. Оценка за вторую контрольную работу. Оценка за экзамен.

	- применять квантово-химические подходы и методы для расчета, интерпретации и предсказания строения и свойств молекулярных систем и полимеров. <i>Владеет</i> - элементарными навыками применения квантово-химических подходов и методов при решении практических технологических задач и стандартными квантово-химическими компьютерными программами.	
Раздел 3. Химическая связь и межмолекулярные взаимодействия. Квантово-химическое описание реакций и электронная структура твердых тел.	<i>Знает</i> - основные взаимосвязи между электронной структурой и физико-химическими свойствами веществ, лежащие в основе управления свойствами; <i>Умеет</i> - применять квантово-химические подходы и методы для расчета, интерпретации и предсказания строения и свойств молекулярных систем и полимеров. <i>Владеет</i> - элементарными навыками применения квантово-химических подходов и методов при решении практических технологических задач и стандартными квантово-химическими компьютерными программами.	Оценка за устный опрос на лабораторных расчетных занятиях. Оценка за экзамен.

13. ОСОБЕННОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ДЛЯ ИНВАЛИДОВ И ЛИЦ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ

Обучение инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья осуществляется в соответствии с:

- - Порядком организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры (Приказ Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 06.04.2021 № 245);

- Положением о порядке организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования – программам

бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева», принятым решением Ученого совета РХТУ им. Д.И. Менделеева от 28.12.2022, протокол № 5;

– Методическими рекомендациями по организации образовательного процесса для обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья в образовательных организациях высшего образования, в том числе оснащенности образовательного процесса (утверждены заместителем Министра образования и науки РФ А.А. Климовым от 08.04.2014 № АК-44/05вн).

Дополнения и изменения к рабочей программе дисциплины
«Квантовая химия»
основной образовательной программы
28.04.02 Наноинженерия

Магистерская программа – «Материалы и технологии наноинженерии»

Форма обучения: очная

Номер изменения/ дополнения	Содержание дополнения/изменения	Основание внесения изменения/дополнения
		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.
		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.
		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.

**Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Российский химико-технологический университет
имени Д.И. Менделеева»**

«УТВЕРЖДЕНО»

на заседании Ученого совета

РХТУ им. Д.И. Менделеева

протокол № 30 от «30» июня 2025 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

**«Методы оптимизации химико-технологических и
нанотехнологических систем»**

Направление подготовки 28.04.02 Наноинженерия

**Магистерская программа
«Материалы и технологии наноинженерии»**

Квалификация «магистр»

Москва 2025

Программа составлена к.т.н., доцентом кафедры кибернетики химико-технологических процессов В.А. Налетовым

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры кибернетики химико-технологических процессов «12» мая 2025 г., протокол №8.

1. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

Программа составлена в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования – магистратура по направлению подготовки **28.04.02 Наноинженерия**, магистерская программа «Материалы и технологии наноинженерии», накопленным опытом преподавания дисциплины **кафедрой кибернетики химико-технологических процессов** РХТУ им. Д.И.Менделеева. Программа рассчитана на изучение дисциплины в течение одного семестра.

Дисциплина **Методы оптимизации химико-технологических и нанотехнологических систем** относится к части, формируемой участниками образовательных отношений, блока 1 «Дисциплины (модули)» учебного плана. Программа дисциплины предполагает, что обучающиеся имеют теоретическую и практическую подготовку в области математики, вычислительной математики, физической химии, общей химической технологии, моделирования процессов в химической технологии, а также численных методов решения уравнений математических моделей химико-технологических процессов.

Цель дисциплины – овладение магистрантами системно-аналитическими принципами, теоретическими основами и методами оптимизации энерго- и ресурсосберегающих химико-технологических систем.

Задачи дисциплины:

- изучение иерархической структуры химико-технологических систем, множеств варьируемых переменных и критериев для решения оптимизационных задач;
- изучение основных подходов к оптимизации химико-технологических систем;
- изучение принципа оптимальной организации химико-технологических систем;
- изучение методов оптимальной дифференциации функций системы между элементами;
- изучение стратегий решения оптимизационных задач;

Дисциплина «Методы оптимизации химико-технологических и нанотехнологических систем» преподаётся во 2 семестре. Контроль успеваемости студентов ведется по принятой в университете рейтинговой системе.

Рабочая программа дисциплины может быть реализована с применением электронных образовательных технологий и электронного обучения полностью или частично.

2. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Изучение дисциплины направлено на приобретение следующих **компетенций и индикаторов их достижения**:

Универсальные компетенции и индикаторы их достижения:

Наименование категории (группы) УК	Код и наименование УК	Код и наименование индикатора достижения УК
Системное и критическое мышление	УК-1. Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий	УК-1.1. Знает методы осуществления поиска вариантов решения поставленной проблемной ситуации на основе доступных источников информации УК-1.2. Умеет определять в рамках выбранного алгоритма вопросы или задачи, подлежащие дальнейшей разработке

Профессиональные компетенции и индикаторы их достижения:

Задача профессиональной деятельности	Объект или область знания	Код и наименование ПК	Код и наименование индикатора достижения ПК	Основание (профессиональный стандарт, анализ опыта) Обобщенные трудовые функции
Тип задач профессиональной деятельности: научно-исследовательский				
Выполнение фундаментальных и прикладных работ поискового, теоретического и экспериментального характера с целью определения технических характеристик новой техники, а также комплекса работ по разработке технологической документации	Химическое, химико-технологическое производство - Сквозные виды профессиональной деятельности в промышленности (в сфере организации и проведения научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ в области химического и химико-технологического производства).	ПК-1. Способен формулировать научно-исследовательские задачи в области нанотехнологий и решать их	ПК-1.1. Знает современные методы, используемые при проведении научных исследований в нанотехнологии и основные этапы выполнения научно-исследовательской работы	Профессиональный стандарт 40.011 «Специалист по научно-исследовательским и опытно-конструкторским разработкам», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 04.03.2014 № 121 н, Обобщенная трудовая функция С. Проведение научно-исследовательских и опытно-конструкторских разработок. С /01.6. Осуществление научного руководства проведением исследований по отдельным задачам (уровень квалификации – 6)
			ПК-1.2. Умеет применять полученные знания для системного и комплексного проведения научных исследований в области профессиональной деятельности	
Выполнение фундаментальных и прикладных работ поискового, теоретического и экспериментального характера с целью	Химическое, химико-технологическое производство - Сквозные виды профессиональной	ПК-2. Готов к анализу и систематизации научно- технической информации по теме исследования, выбору методик и	ПК-2.2. Умеет применять информационно-коммуникационные технологии для сбора, структурирования и анализа информации и программно-информационные комплексы	Профессиональный стандарт 40.011 «Специалист по научно-исследовательским и опытно-конструкторским разработкам», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от

определения технических характеристик новой техники, а также комплекса работ по разработке технологической документации	деятельности в промышленности (в сфере организации и проведения научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ в области химического и химико-технологического производства).	средств решения задачи, анализу результатов и их интерпретации	для проведения научно-исследовательских работ	04.03.2014 № 121 н, Обобщенная трудовая функция С. Проведение научно-исследовательских и опытно-конструкторских разработок. С /01.6. Осуществление научного руководства проведением исследований по отдельным задачам (уровень квалификации – 6)
Выполнение фундаментальных и прикладных работ поискового, теоретического и экспериментального характера с целью определения технических характеристик новой техники, а также комплекса работ по разработке технологической документации	Химическое, химико-технологическое производство - Сквозные виды профессиональной деятельности в промышленности (в сфере организации и проведения научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ в области химического и химико-технологического производства).	ПК-3. Способен к анализу технологических процессов наноиндустрии	ПК-3.1. Знает методы и средства определения показателей эффективности в своей профессиональной деятельности	Профессиональный стандарт 40.011 «Специалист по научно-исследовательским и опытно-конструкторским разработкам», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 04.03.2014 № 121 н, Обобщенная трудовая функция С. Проведение научно-исследовательских и опытно-конструкторских разработок. С /01.6. Осуществление научного руководства проведением исследований по отдельным задачам (уровень квалификации – 6)
			ПК-3.2. Умеет использовать модели для описания и прогнозирования параметров технологических процессов	
			ПК-3.3. Владеет методами оценки технологических процессов с позиции эффективного использования ресурсов и обеспечения безопасности в области профессиональной деятельности	

В результате изучения дисциплины студент магистратуры должен:

Знать:

– принципы, теоремы и методы оптимизации сложных объектов химической технологии с непрерывным и периодическим режимом работы технологических аппаратов.

Уметь:

– практически применять приобретенные в процессе изучения дисциплины знания для решения задач оптимизации химико-технологических систем.

Владеть:

– вычислительной техникой, алгоритмами оптимизации и пакетами прикладных программ.

3. ОБЪЁМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ

Вид учебной работы	Объем дисциплины		
	ЗЕ	Акад. ч.	Астр.ч.
Общая трудоемкость дисциплины	5	180	135
Контактная работа – аудиторные занятия:	1,89	68	51
Лекции	0,47	17	12,75
Практические занятия (ПЗ)	1,42	51	38,25
Самостоятельная работа	2,11	76	57
Самостоятельное изучение разделов дисциплины	2,11	76	57
Вид контроля:			
Экзамен	1	36	27
Контактная работа – промежуточная аттестация	1	0,4	0,3
Подготовка к экзамену.		35,6	26,7
Вид итогового контроля:	Экзамен		

4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1. Разделы дисциплины и виды занятий

№	Раздел дисциплины	Академ. часов			
		Всего	Лек-ции	ПЗ	СР
1.	Раздел 1. Особенности объекта оптимизации, варьируемые переменные, иерархия критериев, классификация подходов к оптимизации	4	2	-	2
1.1	Особенности химико-технологических систем	2	1	-	1
1.2	Классификация подходов к оптимизации химико-технологических систем	2	1	-	1
2.	Раздел 2. Элементы классического подхода к оптимизации ХТС	42	3	9	30
2.1	Постановка задачи оптимизации	9	0,5	2	6
2.2	Условная оптимизация	9	0,5	2	6
2.3	Методы геометрического и динамического программирования	16	1	3	12
2.4	Методы линейного и целочисленного программирования	9	1	2	6
3.	Раздел 3. Методы оптимальной организации систем	48	12	-	36
3.1	Основные положения и постулаты	16	4	-	12
3.2	Критерии организованности системы	12	3	-	9
3.3	Стратегии и алгоритмы решения оптимизационных задач	20	5	-	15
4.	Раздел 4. Решение практических оптимизационных задач	50	-	42	8
4.1	Вычислительные эксперименты по решению оптимизационных задач: газификация твердых горючих ископаемых	25	-	21	4
4.2	Вычислительные эксперименты по решению оптимизационных задач: конверсия синтез-газа	25	-	21	4
	ИТОГО	144	17	51	76
	Экзамен	36			
	ИТОГО	180			

4.2. Содержание разделов дисциплины

Раздел 1. Особенности объекта оптимизации, варьируемые переменные, иерархия критериев, классификация подходов к оптимизации

1.1. Особенности химико-технологических систем. Множества варьируемых переменных в задачах энерго-ресурсосбережения в химико-технологических системах. Описание топологии систем.

1.2. Классификация подходов к оптимизации. Подходы к созданию энерго-ресурсосберегающих ХТС. Иерархия критериев.

Раздел 2. Элементы классического подхода к оптимизации ХТС

2.1. Постановка задачи оптимизации. Основные понятия. Формулировка задач одномерной и многомерной безусловной оптимизации. Классификация задач оптимизации. Необходимые и достаточные условия существования экстремума функций одной и нескольких переменных. Формулировка задач линейного и целочисленного программирования.

2.2. Условная оптимизация. Понятие условного экстремума. Метод неопределенных множителей Лагранжа. Задача оптимального распределения объема каскада реакторов

2.3. Методы геометрического и динамического программирования. Геометрическое программирование. Математическая формулировка принципа оптимальности в динамическом программировании. Задача оптимизации для каскада химических реакторов.

2.4. Методы линейного и целочисленного программирования. Понятие области решения. Симплекс-метод Данцига решения задачи линейного программирования. Метод искусственного базиса. Задача оптимальной организации производства продукции при ограничении запасов сырья. Пример решения задачи целочисленного программирования MILP.

Раздел 3. Методы оптимальной организации систем

3.1. Основные положения и постулаты. Понятие организованности системы. Развитие смысловых трактовок понятия энтропии. Основные положения и постулаты метода оптимальной организации систем. Иерархическая структура химико-технологической системы и ее представление с позиции теории информации.

3.2. Критерии организованности системы. Информационный и термодинамический КПД. Понятие фактора затрат. Весовой коэффициент.

3.3. Стратегии и алгоритмы решения оптимизационных задач. Вывод характеристики дифференциации функций ХТС. Оптимальная дифференциация функций многоцелевого процесса между потоками продуктов. Оптимальная организация системы в процессе ее элементного усложнения. Методы распределения затрат между потоками многопоточных элементов (теплообмен). Стратегия и алгоритм оптимальной организации ХТС с заданным типом и множеством элементов. Стратегия и алгоритм оптимальной организации ХТС в условиях неопределенности элементной и топологической структур.

Раздел 4. Решение практических оптимизационных задач

4.1. Вычислительные эксперименты по решению оптимизационных задач: газификация твердых горючих ископаемых. Постановка задачи. Оптимальная организация процесса.

4.2. Вычислительные эксперименты по решению оптимизационных задач: конверсия синтез-газа. Постановка задачи. Оптимальная организация процесса.

5. СООТВЕТСТВИЕ СОДЕРЖАНИЯ ТРЕБОВАНИЯМ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

№	В результате освоения дисциплины студент должен:	Раздел 1	Раздел 2	Раздел 3	Раздел 4
	Знать:				
1	принципы, теоремы и методы оптимизации сложных объектов химической технологии с непрерывным и периодическим режимом работы технологических аппаратов	+	+	+	+
	Уметь:				
2	практически применять приобретенные в процессе изучения дисциплины знания для решения задач оптимизации химико-технологических систем	+	+	+	+
	Владеть:				
3	вычислительной техникой, алгоритмами оптимизации и пакетами прикладных программ	+	+	+	+
В результате освоения дисциплины студент должен приобрести следующие <u>универсальные компетенции и индикаторы их достижения:</u>					
	Код и наименование УК	Код и наименование индикатора достижения УК			

№	В результате освоения дисциплины студент должен:		Раздел 1	Раздел 2	Раздел 3	Раздел 4
4	УК-1. Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий	УК-1.1. Знает методы осуществления поиска вариантов решения поставленной проблемной ситуации на основе доступных источников информации	+	+	+	+
		УК-1.2. Умеет определять в рамках выбранного алгоритма вопросы или задачи, подлежащие дальнейшей разработке	+	+	+	+
В результате освоения дисциплины студент должен приобрести следующие <i>профессиональные компетенции и индикаторы их достижения:</i>						
	Код и наименование ПК	Код и наименование индикатора достижения ПК				
5	ПК-1. Способен формулировать научно-исследовательские задачи в области нанотехнологии и решать их	ПК-1.1. Знает современные методы, используемые при проведении научных исследований в нанотехнологии и основные этапы выполнения научно-исследовательской работы	+	+	+	+
		ПК-1.2. Умеет применять полученные знания для системного и комплексного проведения научных исследований в области профессиональной деятельности	+	+	+	+
6	ПК 2. Готов к анализу и систематизации научно-технической информации по теме исследования, выбору методик и средств решения задачи, анализу результатов и их интерпретации	ПК-2.2. Умеет применять информационно-коммуникационные технологии для сбора, структурирования и анализа информации и программно-информационные комплексы для проведения научно-исследовательских работ		+	+	+
7	ПК-3. Способен к анализу технологических процессов нанотехнологии	ПК-3.1. Знает методы и средства определения показателей эффективности в своей профессиональной деятельности		+	+	+
		ПК-3.2. Умеет использовать модели для описания и прогнозирования параметров технологических процессов			+	+
		ПК-3.3. Владеет методами			+	+

№	В результате освоения дисциплины студент должен:		Раздел 1	Раздел 2	Раздел 3	Раздел 4
		оценки технологических процессов с позиции эффективного использования ресурсов и обеспечения безопасности в области профессиональной деятельности				

6. ПРАКТИЧЕСКИЕ И ЛАБОРАТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ

6.1. Практические занятия

№	№ раздела дисциплины	Темы практических занятий	Часы
1	2.1	Оптимизация равновесных экзотермических реакций.	2
2	2.1	Оптимизация многосекционного адиабатического реактора.	2
3	2.2	Оптимизация многостадийных процессов.	3
4	2.3	Оптимизация периодического процесса фильтрации.	2
5	4.1	Оптимальная организация процесса газификации бурого угля.	21
6	4.2	Оптимальная организация процесса паровой конверсии синтеза газа.	21
		ИТОГО	51

6.2. Лабораторные занятия

Лабораторные занятия по дисциплине не предусмотрены.

7. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА

Самостоятельная работа проводится с целью углубления знаний по дисциплине и предусматривает:

- регулярную проработку пройденного на лекциях и практических занятиях учебного материала;
- подготовку к контрольным работам;
- выполнение расчётно-графических работ согласно индивидуальному заданию;
- ознакомление и проработку рекомендованной литературы;
- подготовку к сдаче зачёта по дисциплине.

Планирование времени на самостоятельную работу, необходимую для изучения дисциплины, студентам лучше всего осуществлять на весь период изучения, предусматривая при этом регулярное повторение пройденного материала. Материал, законспектированный на лекциях, необходимо регулярно дополнять сведениями из литературных источников, представленных в учебной программе. При работе с указанными источниками рекомендуется составлять краткий конспект материала, с обязательным фиксированием библиографических данных источника.

8. ПРИМЕРЫ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Совокупная оценка по дисциплине складывается из оценок за выполнение контрольной работы (максимальная оценка 20 баллов), практических заданий (максимальная оценка 40 баллов) и итогового контроля в форме экзамена (максимальная оценка 40 баллов).

8.1. Темы и примеры контрольных работ для текущего контроля освоения дисциплины

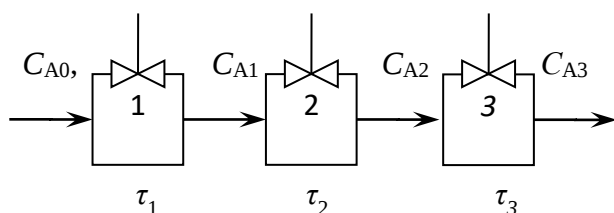
Для текущего контроля предусмотрена контрольная работа. Максимальная оценка за контрольную работу составляет 20 баллов.

Контрольная работа № 1

Задание 1 (10 баллов). Определить оптимальные значения переменных x_1, x_2, x_3, x_4, x_5 , с тем, чтобы критерий достигал минимального значения $R = 6 - 2x_2 + x_3 \rightarrow \max$. Для решения применить симплекс-метод Данцига для задач линейного программирования.

Ограничения заданы в виде равенств:
$$\begin{cases} x_1 = 5 - x_2 - x_3 \\ x_4 = 4 - 2x_2 + x_3 \\ x_5 = 1 + 5x_2 - 2x_3 \end{cases}$$

Задание 2 (10 баллов). В каскаде реакторов идеального смешения протекает простая необратимая реакция второго порядка $A \rightarrow P$. Аппарат работает при изотермических условиях, температура одинакова во всех аппаратах. Требуется определить среднее время пребывания реакционной массы в каждом из аппаратов с тем, чтобы общее время пребывания реакционной массы в системе было минимальным. Задачу решить с помощью динамического программирования.



Заданные концентрации $C_{A0} = 4$ моль/литр, $C_{A3} = 0,5$ моль/литр, константа скорости.

$$k = 2 \left(\text{час}^{-1} \left(\frac{\text{МОЛЬ}}{\text{Л}} \right)^{-1} \right).$$

Уравнение материального баланса для реактора

$$\tau_i = \frac{C_{A,i-1} - C_{Ai}}{k C_{Ai}^2};$$

Критерий $\sum_i \tau_i \rightarrow \min$ (время пребывания смеси в реакторе).

8.2. Примеры вариантов практических заданий

Для текущего контроля выполнение 2 взаимосвязанных заданий:

- Практическое задание №5. Оптимальная организация процесса газификации угля;
- Практическое задание №6. Оптимальная организация процесса конверсии синтез-газа;

Практическое задание №5. Оптимальная организация процесса газификации угля.

Пример варианта 1 (15 баллов)

Дано:

Рассматривается процесс пылеугольной газификации по методу Копперс-Тотцек, протекающий при атмосферном давлении. Процесс является в данном случае первым технологическим звеном в производстве метанола и высших спиртов. Газифицирующими агентами в процессе Копперс-Тотцек являются кислород и водяной пар. В качестве сырья использовался подсушенный на стадии подготовки до пятипроцентной остаточной влажности бурый уголь Бородинского месторождения.

Изначально на микроуровне число степеней свободы равно четырем, что означает, что в задаче имеется четыре оптимизируемых переменных.

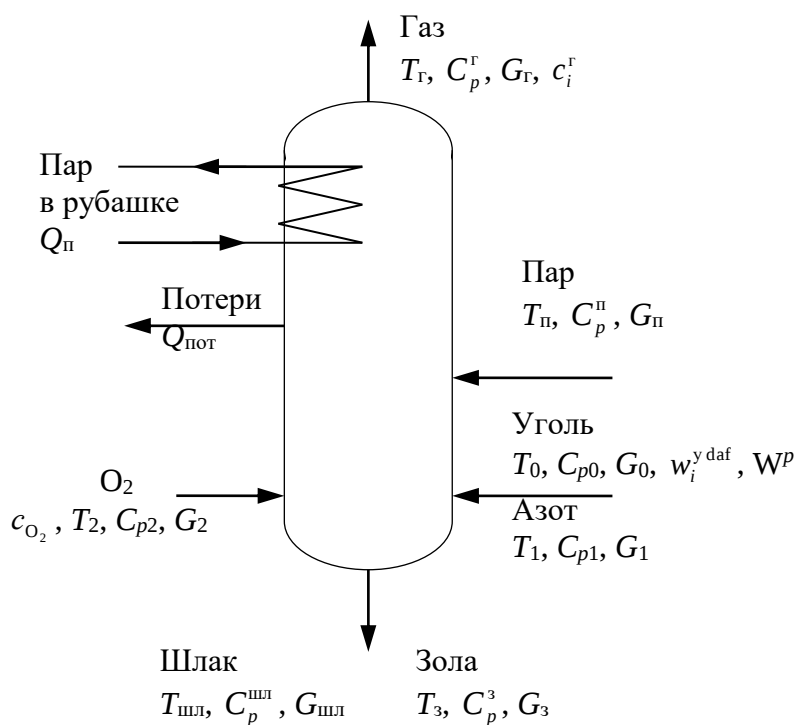
Если известны расходы и температуры газифицирующих агентов (G_2 , $G_{\text{п}}$, T_2 , $T_{\text{п}}$), то температуру $T_{\text{г}}$, состав синтез-газа и расход синтез-газа можно определить из уравнений математической модели.

Задача оптимизации является частью двухуровневой задачи, сформулированной следующим образом: для выбранного численно минимального значения весового коэффициента, обеспечивающего минимум критерия организованности, решалась задача подстройки параметров процесса газификации под данное значение показателя макроуровня.

Поэтому постановка задачи оптимизации на микроуровне в целом может быть представлена следующим образом:

$$\begin{cases} T_{\text{ср}} = \frac{T_{\text{вых}} - T_{\text{вх}}}{\ln \frac{T_{\text{вых}}}{T_{\text{вх}}}} = \text{idem}, T_{\text{вх}} = \frac{\sum G_i^{\text{BX}} C_{pi}^{\text{BX}} T_i^{\text{BX}}}{\sum G_i^{\text{BX}} C_{pi}^{\text{BX}}} \\ G_2 + G_{\text{п}} = G_{\text{общ}} = \text{idem} \\ \frac{K}{\eta_{\text{г}}} \rightarrow \min \end{cases}$$

Первое условие характеризует средний температурный уровень процесса, который определяется входной температурой и температурой в зоне газификации и является ограничением (по условию задачи).



Исходные данные:

Таблица 1 – Исходные данные для расчета процесса

Уголь		Поток кислорода O ₂	
T ₀ , К	293	T ₂ , К	423
G ₀ , кг/ч	1000	G ₂ , кг/ч	655
W ^p , %	5	c _{O₂} , мол. %	98
Элементный состав		c _{N₂} , мол. %	2

угля w_i^y , мас. % daf			
С	75	Азот (пневмотранспорт)	
О	20	T_1 , К	293
Н	4	G_1 , кг/ч	100
Н	1	Пар	
Шлак $G_{шл}$, кг/ч	76	$T_{п}$, К	473
Зола $G_з$, кг/ч	19	$G_{п}$, кг/ч	100

Условия для оптимизации: $T_{ср} = 900,0$ К, $G_{общ} = 850,0$ кг/ч.

Требуется выполнить:

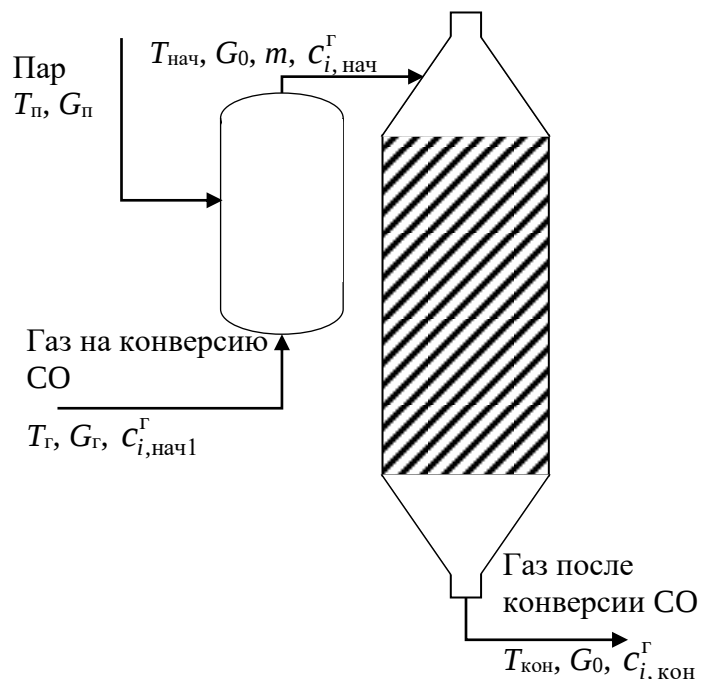
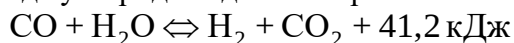
На основе исходных данных:

- 1) Рассчитать математическую модель процесса - определить расход и состав синтез-газа и температуру в зоне газификации;
- 2) Определить оптимальные параметры процесса газификации в соответствии с заданием.
- 3) Сделать выводы по работе. технологическое обосновать полученные результаты.

**Практическое задание №6. Оптимальная организация процесса конверсии синтез-газа.
Вариант 1 (15 баллов)**

Дано:

Рассматривается высокотемпературный процесс каталитической конверсии синтез-газа в одну стадию. Синтез-газ получен при газификации бурого угля. В процессе необходимо обеспечить требуемого соотношения ключевых компонентов в синтез-газе на выходе: $H_2:CO$. Основная реакция конверсии оксида углерода водяным паром – экзотермическая:



Задача оптимизации является частью двухуровневой задачи – решалась задача подстройки параметров процесса газификации под заданное значение показателя макроуровня.

Задачу оптимизации процесса конверсии на микроуровне можно сформулировать следующим образом:

$$\left\{ \begin{array}{l} T_{\text{ср}} = \frac{T_{\text{кон}} - T_{\text{нач}}}{\ln \frac{T_{\text{кон}}}{T_{\text{нач}}}} = idem \\ G_{\text{r}} + G_{\text{п}} = idem \Leftrightarrow m = idem \\ \frac{dT}{dx} = \frac{Q_p c_{\text{CO,нач}}^{\text{r}}}{C_p^{\text{r}}} \Rightarrow T_{\text{кон}} = T_{\text{нач}} + \int_0^{x_{\text{кон}}} \frac{Q_p c_{\text{CO,нач}}^{\text{r}}}{C_p^{\text{r}}} dx \\ \frac{K}{\eta_T} \rightarrow \min \end{array} \right.$$

Исходные данные:

Синтез-газ, направляемый в реактор конверсии, имеет следующий состав (объемный состав в пересчете на нормальные условия – 1 атм, 20 °С):

CO	H ₂	CO ₂	N ₂	H ₂ O
1082,7 м ³ /ч	498,7 м ³ /ч	81,23 м ³ /ч	98,78 м ³ /ч	71,0 м ³ /ч

Массовый расход синтез-газа принят равным 1625 кг/ч.

Коэффициент избытка пара равен $m = 1,000$.

Средняя температура равна $T_{\text{ср}} = 400$ К.

Требуется выполнить:

На основе исходных данных:

- 1) Рассчитать математическую модель процесса;
- 2) Определить оптимальные параметры процесса конверсии при заданных ограничениях и наличии дополнительного требования к составу конечного продукта.
- 3) Сделать выводы по работе. технологическое обосновать полученные результаты.

8.3. Вопросы для итогового контроля освоения дисциплины (экзамен, 2 семестр)

Экзаменационный билет включает контрольные вопросы по всем разделам рабочей программы дисциплины и содержит три контрольных вопроса. Максимальная оценка за каждый теоретический вопрос №1 и №2 – **10 баллов**. Максимальная оценка за теоретический вопрос №3 – **20 баллов**.

Примеры контрольных вопросов для итогового контроля освоения дисциплины:

1. Общая характеристика задач оптимизации.
2. Необходимые и достаточные условия существования экстремума функции многих переменных.
3. Оптимизация температурного режима реактора путем построения профиля.
4. Условный экстремум. Определение условного экстремума.
5. Оптимизация методом неопределенных множителей Лагранжа. Активные и пассивные ограничения.
6. Теорема о среднем. Задача геометрического программирования.
7. Решение оптимизационной задачи методом динамического программирования.
8. Задачи линейного программирования. Область решений.
9. Симплекс-метод Данцига для решения задачи линейного программирования.
10. Метод искусственного базиса при решении задачи линейного программирования.
11. Целочисленное программирование. MILP и MINLP.
12. Стохастическая оптимизация. Алгоритм имитации отжига (simulated annealing).

13. Уравнение Шеннона-Винера и его термодинамический аналог уравнение Гиббса-Гельмгольца. Основной вывод при сравнении уравнений.
14. На каком иерархическом уровне энтропия минимизируется и на каком - максимизируется?
15. С какими состояниями идентифицируется уровень отсчета для решения информационной задачи $N_{\text{вых}}=0$? Приведите примеры процессов.
16. Физический смысл нулевого начала термодинамики.
17. Исходные предпосылки для использования аппарата информационного анализа для процессов химического превращения.
18. Как учитываются альтернативы в организации химико-технологического процесса с позиции информационного подхода?
19. Можно ли получить информацию без затрат обобщенной работы?
20. Что такое информационный поток? Какую информацию он несет?
21. Исходные предпосылки для использования аппарата информационного анализа для газодинамических процессов.
22. В чем отличие статистической энтропии и энтропии информации?
23. Статистический и технологический смысл величины K .
24. Какое следствие вытекает из распределения Больцмана?
25. Физический смысл весового коэффициента.
26. Иерархическая структура ХТС.
27. Алгоритм оптимизации заданной элементной структуры ХТС.
28. Уровни отсчета реального и эталонного в решении информационной задачи.
29. Пределы изменения информационного КПД, количества информации, весового коэффициента.
30. В чем смысл представления первой модели информационного процесса?
31. Какой закон отвечает за оптимальное распределение весовых коэффициентов?
32. Физический смысл макроэнтропии.
33. Какие тенденции имеют макро- и микроэнтропии при организации ХТС?
34. Какие характеристики в большей степени влияют на организованность ХТС?
35. Что такое информационная модель исходов?
36. Из чего следует мультипликативность факторов затрат?
37. Алгоритм оптимизации «сверху-вниз».
38. Диаграмма распределения средних энергетических уровней.
39. Обобщенная флуктуация энергии.
40. Условие оптимальной организации многоцелевого процесса.
41. Физический смысл множителей Лагранжа в критериях усложнения ХТС.
42. Существо метода «выделения».
43. Существо «уравнительного метода».
44. Статистическая независимость исходов.
45. Оптимальная организация виртуальной системы, состоящей только из целевых процессов.

Фонд оценочных средств приведен в виде отдельного документа, являющегося неотъемлемой частью основной образовательной программы.

8.4. Структура и пример экзаменационного билета

Экзамен по дисциплине «Методы оптимизации химико-технологических и нанотехнологических систем» проводится во 2 семестре и включает контрольные вопросы по всем разделам рабочей программы дисциплины. Экзаменационный билет состоит из 2 вопросов и 1 задачи, относящихся к указанным разделам.

Пример экзаменационного билета:

"Утверждаю"
Зав. каф. КХТП
Глебов М.Б.

Министерство науки и высшего образования РФ
Российский химико-технологический университет им. Д.И.Менделеева
Кафедра кибернетики химико-технологических процессов
28.04.02 Наноинженерия
Магистерская программа –
«Материалы и технологии наноинженерии»

«__» ____ 20__ г.

МЕТОДЫ ОПТИМИЗАЦИИ ХИМИКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ И НАНОТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМ

БИЛЕТ № 1

1. Теорема о среднем. Задача геометрического программирования. (10 баллов).
2. Стратегия и алгоритм оптимизации химико-технологической системы с заданным типом и множеством элементов на примере системы с реактором в общем виде. (10 баллов).
3. Алгоритм оптимизации процесса газификации, обоснование выбора варьируемых переменных, анализ тенденций их изменения, технологическая интерпретация результатов оптимизации (в рамках задания) (20 баллов).

9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

9.1. Рекомендуемая литература

А) Основная литература:

1. Налетов В.А., Налетов А.Ю. Основы проектирования технологии топлива и углеродных материалов. Части 1 и 2. Учеб. пособия. М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева. 2015. 208 с.
2. Налетов В.А., Налетов А.Ю., Глебов М.Б. Вычислительные эксперименты в области построения экотехнологий. Метод. Рекомендации. М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева. 2018. 46 с.

Б) Дополнительная литература:

1. Гордеев Л.С., В.В. Кафаров, А.И. Бояринов Оптимизация процессов химической технологии. Учеб. Пособие. М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева, 1972. 258 с.
2. Бояринов А.И., Кафаров В.В. Методы оптимизации в химической технологии. М.: Химия. 1965. 564 с.
3. Кольцова Э.М., Скичко А.С., Женса А.В. Численные методы решения уравнений математической физики и химии : учеб. пособие. М.: РХТУ им. Д. И. Менделеева, 2009. 224 с.
4. Кознов А.В., Ветохин В.Н., Бояринов А.И. Применение методов вычислительной математики в задачах химической технологии. Лабораторный практикум. М.: РХТУ им. Д. И. Менделеева, 2008. 47 с.
5. Практикум по вычислительной математике: практикум / сост. В.Н. Калинин [и др.]; ред. Т.Н. Гартман. М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2007. 67 с.
6. Бухаркина Т.В., Дигуров Н.Г., Юмашев А.Б. Основы кинетического моделирования и обработки экспериментальных данных: учеб. пособие. М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2013. 84 с.

9.2. Рекомендуемые источники научно-технической информации

- Раздаточный иллюстративный материал к лекциям.
- Презентации к лекциям.
- Методические рекомендации по выполнению РГР.

Научно-технические журналы:

- Журнал «Вестник Московского университета. Серия 15: Вычислительная математика и кибернетика». ISSN: 0137-0782.
- Журнал «Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Вычислительная математика и информатика». ISSN: 2305-9052.
- Журнал «Вычислительные методы и программирование: новые вычислительные технологии». ISSN: 1726-3522.
- Журнал «Сибирский журнал вычислительной математики». ISSN: 1560-7526.
- Журнал «Успехи в химии и химической технологии». ISSN: 1506-2017.
- Журнал «Applied Numerical Mathematics». ISSN: 0168-9274.
- Журнал «East-West Journal of Numerical Mathematics». ISSN: 0928-0200.
- Журнал «Journal of Numerical Mathematics». ISSN: 1570-2820.
- Журнал «Numerical Linear Algebra with Applications». ISSN: 1070-5325.
- Журнал «Numerical Mathematics: Theory, Methods and Applications». ISSN: 1004-8979.
- Журнал «Numerical Algebra, Control and Optimization». ISSN: 2155-3289.

9.3. Средства обеспечения освоения дисциплины

Для реализации рабочей программы подготовлены следующие средства обеспечения освоения дисциплины:

- конспекты лекций в формате *.pdf – 13;
- компьютерные презентации интерактивных лекций – 13, (общее число слайдов – 169);
- учебное пособие: Налетов В.А., Налетов А.Ю. Основы проектирования технологии топлива и углеродных материалов. Части 1 и 2. Учеб. пособия. М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева. 2015. 208 с.
- демонстрационные расчётные модули в EXCEL для ознакомления с методологией выполнения практических заданий № 5 и № 6;
- банк вариантов контрольных работ – 30;
- банк экзаменационных билетов – 30.

При использовании электронного обучения и дистанционных образовательных технологий занятия полностью или частично проводятся в режиме онлайн. При этом данный список дополняется следующим разделом:

- групповой чат в Skype, индивидуальные чаты в Gmail социальной сети <http://vk.com/>, групповые онлайн-конференции и индивидуальные онлайн-собеседования в Zoom или Skype.

10. ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНОМ ПРОЦЕССЕ

Информационную поддержку изучения дисциплины осуществляет Информационно-библиотечный центр (ИБЦ) РХТУ им. Д.И. Менделеева, который обеспечивает обучающихся основной учебной, учебно-методической и научной литературой, необходимой для организации образовательного процесса по дисциплине. Общий объем многоотраслевого фонда ИБЦ на 01.01.2025 составляет 1 563 142 экз.

Фонд ИБЦ располагает учебной, учебно-методической и научно-технической литературой в форме печатных и электронных изданий, а также включает официальные, справочно-библиографические, специализированные отечественные и зарубежные периодические и информационные издания. ИБЦ обеспечивает доступ к профессиональным базам данных, информационным, справочным и поисковым системам.

Каждый обучающийся обеспечен свободным доступом из любой точки, в которой имеется доступ к сети Интернет и к электронно-библиотечной системе (ЭБС) Университета, которая содержит различные издания по основным изучаемым дисциплинам и сформирована по согласованию с правообладателями учебной и учебно-методической литературы.

Для более полного и оперативного справочно-библиографического и информационного обслуживания в ИБЦ реализована технология Электронной доставки документов.

Полный перечень электронных информационных ресурсов, используемых в процессе обучения, представлен в основной образовательной программе.

11. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

В соответствии с учебным планом занятия по дисциплине проводятся в форме лекций, практических занятий и самостоятельной работы студента.

11.1. Оборудование, необходимое в образовательном процессе

Учебная аудитория для проведения лекций и практических занятий вместимостью не менее 16 человек, оборудованная электронными средствами демонстрации (компьютер со средствами звуковоспроизведения, проектор, экран) и учебной мебелью.

Компьютерный класс, насчитывающий не менее 15 посадочных мест, с предустановленным лицензионным программным обеспечением (Windows, Microsoft Excel) и выходом в Интернет для выполнения и контроля практических заданий.

Библиотека, имеющая рабочие компьютерные места для студентов, оснащённые компьютерами с доступом к базам данных и выходом в Интернет.

11.2. Учебно-наглядные пособия

Учебные пособия по дисциплине.

Электронный раздаточный материал к разделам лекционного курса.

Демонстрационные расчётные модули в EXCEL для ознакомления с методологией выполнения практических заданий.

11.3. Печатные и электронные образовательные и информационные ресурсы

На кафедре КХТП используются информационно-методические материалы: инструкции по технике безопасности в компьютерном классе; методические рекомендации к практическим занятиям; учебные пособия; электронные учебные пособия; кафедральные библиотеки электронных изданий; учебно-методические разработки кафедры в электронном виде; раздаточный материал к разделам дисциплины; справочные материалы.

На кафедре КХТП используются электронные образовательные ресурсы: электронные презентации к разделам лекционного курса; электронные конспекты лекций; учебно-методические разработки в электронном виде; демонстрационные программы; специализированное программное обеспечение; справочные материалы в электронном виде.

11.4. Перечень лицензионного программного обеспечения

№	Наименование программного продукта	Реквизиты договора поставки	Количество лицензий	Срок окончания действия лицензии
1	Microsoft Windows 8.1 Professional Get Genuine	Контракт № 62-64ЭА/2013, Microsoft Open License, Номер лицензии 62795478	10	Бессрочно
2	Microsoft Office Standard 2013	Контракт № 62-64ЭА/2013, Microsoft Open License Номер лицензии 47837477	10	Бессрочно

12. ТРЕБОВАНИЯ К ОЦЕНКЕ КАЧЕСТВА ОСВОЕНИЯ ПРОГРАММ

Наименование разделов	Основные показатели оценки	Формы и методы контроля и оценки
Раздел 1. Особенности объекта оптимизации, варьируемые переменные, иерархия критериев, классификация подходов к оптимизации	Знает: особенности объекта, множества варьируемых переменных, описание топологии объекта, критерии в задачах энерго-ресурсосбережения, основные подходы к оптимизации, их принципиальные отличия. Умеет: сформулировать задачи оптимизации, выбрать критерий, варьируемые параметры и обосновать выбор подхода к оптимизации. Владеет: постановками задач энерго-ресурсосбережения, методами термодинамики, физической химии, численными методами дифференцирования и интегрирования	Учитывается интегрально совместно с блоком 2. Оценка за контрольную работу № 1, задание №1 (наивысший балл – 10). Оценка на экзамене.
Раздел 2. Элементы классического подхода к оптимизации ХТС	Знает: формулировки задач одномерной и многомерной безусловной оптимизации, задачи условной многомерной оптимизации, задач линейного и целочисленного программирования. Необходимые и достаточные условия существования экстремума функций одной и нескольких переменных. Условный экстремум. Метод неопределенных множителей Лагранжа. Математическую формулировку принципа оптимальности в динамическом программировании. Формулировку принципа максимума. Умеет: применять спектр оптимизационных задач на практике для целей энерго-ресурсосбережения ХТС. Владеет: методами численного решения систем линейных алгебраических уравнений, методом наименьших квадратов, методикой автоматизированной обработки экспериментальных данных в Excel.	Интегральная оценка совместно с модулем 1. Оценка за контрольную работу № 1, задание №1 (наивысший балл – 10). Оценка на экзамене.
Раздел 3. Методы оптимальной организации систем	Знает: Основные положения и постулаты метода оптимальной организации систем. Иерархическую структуру химико-технологической системы и ее представление с позиции теории информации. Информационный и термодинамический КПД. Весовой коэффициент и критерий организованности системы. Варианты оптимальной дифференциации функций ХТС между ее элементами. Стратегии и алгоритмы решения оптимизационных задач. Умеет: сформулировать задачу оптимальной организации системы в зависимости от исходной информации, выбрать стратегию	Оценка за контрольную работу № 1, задание № 2 (наивысший балл – 10). Оценка на экзамене.

Наименование разделов	Основные показатели оценки	Формы и методы контроля и оценки
	решения задачи, сформировать алгоритм ее решения. Владеет: методикой расчета энтропии информации, статистического веса, весового коэффициента, термодинамического КПД, критерия макроэнтропии, усложнения системы, методами распределения затрат: уравнительным и выделения.	
Раздел 4. Решение практических оптимизационных задач	Знает: технологические аспекты технологий, представленных в рамках практических заданий, математическое описание процессов, стратегию решения оптимизационных задач. Умеет: использовать численные методы для решения задач из области химической технологии, строить автоматизированные модули в Excel для реализации математических моделей процессов химической технологии. Владеет: методикой расчёта критерия организованности в Excel, методикой поиска оптимального решения, методом поочерёдного изменения варьируемых переменных, навыками разработки модулей для реализации математических моделей процессов химической технологии.	Оценка за практ. занятия № 5 и 6 (наивысший балл – 40). Оценка на экзамене.

13. ОСОБЕННОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ДЛЯ ИНВАЛИДОВ И ЛИЦ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ

Обучение инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья осуществляется в соответствии с:

- Порядком организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры (Приказ Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 06.04.2021 № 245);

- Положением о порядке организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева», принятым решением Ученого совета РХТУ им. Д.И. Менделеева от 28.12.2022, протокол № 5;

- Методическими рекомендациями по организации образовательного процесса для обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья в образовательных организациях высшего образования, в том числе оснащённости образовательного процесса (утверждены заместителем Министра образования и науки РФ А.А. Климовым от 08.04.2014 № АК-44/05вн).

Дополнения и изменения к рабочей программе дисциплины
«Методы оптимизации химико-технологических и нанотехнологических систем»
основной образовательной программы
 28.04.02 Наноинженерия
 Магистерская программа
 «Материалы и технологии наноинженерии»

Форма обучения: очная

Номер изменения/ дополнения	Содержание дополнения/изменения	Основание внесения изменения/дополнения
1		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.
2		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.
3		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.
		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.
		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.

**Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Российский химико-технологический университет
имени Д.И. Менделеева»**

«УТВЕРЖДЕНО»

на заседании Ученого совета
РХТУ им. Д.И. Менделеева
протокол № 30 от «30» июня 2025 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
«Молекулярная биофизика и бионанотехнологии»**

**Направление подготовки
28.04.02 Наноинженерия**

**Магистерская программа
«Материалы и технологии наноинженерии»**

Квалификация «магистр»

Москва 2025

Программа составлена доцентом кафедры химического и фармацевтического инжиниринга, к.т.н., доцентом Е.В. Гусевой

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры химического и фармацевтического инжиниринга «05» мая 2025 г., протокол № 6.

1. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

Программа составлена в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования – магистратура по направлению подготовки **28.04.02 Нанотехнологии** (ФГОС ВО), накопленным опытом преподавания дисциплины кафедрой **Химического и фармацевтического инжиниринга** РХТУ им. Д.И. Менделеева. Программа рассчитана на изучение дисциплины в течение одного семестра.

Дисциплина **«Молекулярная биофизика и бионанотехнологии»** относится к части, формируемой участниками образовательных отношений, блока Б1 «Дисциплины (модули)» учебного плана. Программа дисциплины предполагает, что обучающиеся имеют теоретическую и практическую подготовку в области математики, вычислительной математики, физической химии, нанотехнологий в биотехнологии, математического и компьютерного моделирования, а также численных методов решения уравнений математических моделей.

Цель дисциплины – изучение студентами основных положений и концепций молекулярной биофизики, учитывая атомный состав живых организмов, специфические особенности биомолекулярных систем и биомолекулярной механики, ознакомление с основными принципами и механизмами ферментативного катализа; рассмотрение основных концепций и направлений развития бионанотехнологий, включая структурные и функциональные принципы бионанотехнологий; ознакомление с основными подходами к молекулярному моделированию.

Задачи дисциплины:

- изучение основных положений и концепций субклеточной и молекулярной биофизики, базовых представлений биофизики сложных систем и биоэнергетики;
- изучение специфических особенностей биомолекулярных систем и биомолекулярной механики;
- изучение строения и функций биомембран;
- изучение основных положений ферментативного (био) катализа, механизмов и кинетики ферментативных реакций;
- изучение основных концепций и направлений развития бионанотехнологии, подходов к созданию бионаномашин;
- изучение основных аналитических методов, используемых в бионанотехнологии;
- изучение структурных и функциональных принципов бионанотехнологии.

Дисциплина **«Молекулярная биофизика и бионанотехнологии»** преподается во 2 семестре. Контроль успеваемости студентов ведется по принятой в университете рейтинговой системе.

2. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Изучение дисциплины направлено на приобретение следующих **компетенций и индикаторов их достижения:**

Задача профессиональной деятельности	Объект или область знания	Код и наименование ПК	Код и наименование индикатора достижения ПК	Основание (профессиональный стандарт, анализ опыта) Обобщенные трудовые функции
Тип задач профессиональной деятельности: научно-исследовательский и инновационный				
Выполнение фундаментальных и прикладных работ поискового, теоретического и экспериментального характера с целью определения технических характеристик новой техники, а также комплекса работ по разработке технологической документации	— Химическое, химико-технологическое производство — Сквозные виды профессиональной деятельности в промышленности (в сфере организации и проведения научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ в области химического и химико-технологического производства).	ПК-2. Готов к анализу и систематизации научно-технической информации по теме исследования, выбору методик и средств решения задачи, анализу результатов и их интерпретации	ПК-2.1 Знает теорию эксперимента в области своей профессиональной деятельности и методики анализа явлений и процессов	Профессиональный стандарт «Специалист по научно-исследовательским и опытно-конструкторским разработкам», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 04.03.2014 № 121 н, Обобщенная трудовая функция С. Проведение научно-исследовательских и опытно-конструкторских разработок. С /01.6. Осуществление научного руководства проведением исследований по отдельным задачам (уровень квалификации – 6)
			ПК-2.2 Умеет применять информационно-коммуникационные технологии для сбора, структурирования и анализа информации и программно-информационные комплексы для проведения научно-исследовательских работ	

Задача профессиональной деятельности	Объект или область знания	Код и наименование ПК	Код и наименование индикатора достижения ПК	Основание (профессиональный стандарт, анализ опыта) Обобщенные трудовые функции
Выполнение фундаментальных и прикладных работ поискового, теоретического и экспериментального характера с целью определения технических характеристик новой техники, а также комплекса работ по разработке технологической документации	– Химическое, химико-технологическое производство – Сквозные виды профессиональной деятельности в промышленности (в сфере организации и проведения научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ в области химического и химико-технологического производства).	ПК-3 Способен к анализу технологических процессов наноиндустрии	ПК-3.2 Умеет использовать модели для описания и прогнозирования параметров технологических процессов	

Задача профессиональной деятельности	Объект или область знания	Код и наименование ПК	Код и наименование индикатора достижения ПК	Основание (профессиональный стандарт, анализ опыта) Обобщенные трудовые функции
– Планирование и проведение теоретических и экспериментальных исследований в области инженерных нанотехнологий с целью совершенствования объектов профессиональной деятельности, обоснования их технических характеристик, определения условий их применения и эксплуатации. – Участие в составе коллектива в работах по решению инновационных проблем наноинженерии	– Методы исследований, испытаний, диагностики и контроля качества наноматериалов, полуфабрикатов и изделий на их основе. – Наноматериалы, процессы нанотехнологий и методы нанодиагностики для химии, фармацевтики, биотехнологии, энергетики, научных исследований и других областей техники.	ПК-4 Способен применять расчётно-теоретические методы для обработки измерений параметров, изучения и модификации свойств наноматериалов и наноструктур с использованием современной вычислительной техники	ПК-4.2 Умеет использовать расчётно-теоретические методы для изучения свойств наноматериалов и наноструктур и процессов с их участием	Профессиональный стандарт 40.104 «Специалист по измерению параметров и модификации свойств наноматериалов и наноструктур», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 08.09.2015 № 611н. Обобщенная трудовая функция D: Руководство подразделениями по измерениям параметров и модификации свойств наноматериалов и наноструктур. D/01.7: Организация и контроль процессов измерений параметров и модификации свойств наноматериалов и наноструктур (уровень квалификации – 7)
			ПК-4.3 Владеет навыками обработки измерений параметров и модификации свойств наноматериалов и наноструктур	

Задача профессиональной деятельности	Объект или область знания	Код и наименование ПК	Код и наименование индикатора достижения ПК	Основание (профессиональный стандарт, анализ опыта) Обобщенные трудовые функции
– планирование и проведение теоретических и экспериментальных исследований в области инженерных нанотехнологий с целью совершенствования объектов профессиональной деятельности, обоснования их технических характеристик, определения условий их применения и эксплуатации; – участие в составе коллектива в работах по решению инновационных проблем наноинженерии – от идеи, фундаментальных и прикладных исследований до создания промышленных изделий	– методы исследований, испытаний, диагностики и контроля качества наноматериалов, полуфабрикатов и изделий на их основе; – наноматериалы, процессы нанотехнологий и методы нанодиагностики для химии, фармацевтики, биотехнологии, энергетики, научных исследований и других областей техники	ПК-5 Способен осуществлять анализ научных основ процессов и технологий производства нанопродукции, проводить измерения и контролировать параметры технологических операций	ПК-5.1 Знает физико-химические основы процессов и технологий nanoиндустрии	Профессиональный стандарт 40.004 «Специалист в области технологического обеспечения полного цикла производства объемных нанометаллов, сплавов, композитов на их основе и изделий из них», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 03.02.2014 № 72н. С: Процессы жизненного цикла продукции (уровень квалификации – 7) Профессиональный стандарт 40.020 «Специалист в области технологического обеспечения полного цикла производства объемных нанокерамик, соединений, композитов на их основе и изделий из них», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 11.04.2014 № 234н. С: Процессы жизненного цикла продукции (уровень квалификации – 7)
			ПК-5.2 Умеет измерять и контролировать параметры технологических операций процессов производства нанопродукции	
			ПК-5.3 Владеет навыками анализа научных основ нанопроцессов, наносистем и нанотехнологий	

В результате изучения дисциплины студент магистратуры должен:

Знать:

- основные положения и концепции молекулярной биофизики, основные концепции и направления развития бионанотехнологии;
- специфические особенности биомолекулярных систем и биомолекулярной механики;
- основные группы биологических соединений (аминокислоты, белки, нуклеиновые кислоты, углеводы, липиды);
- основные пакеты программ, используемые для молекулярного моделирования.

Уметь:

- анализировать физические взаимодействия в биосистемах, учитывая особенности ковалентных и нековалентных взаимодействий;
- анализировать структуру биомолекул на основе структурных и функциональных принципов бионанотехнологии;

Владеть:

- основными принципами и подходами для проведения расчетов по ферментативной кинетике;
- основными подходами для расчета кинетики трансмембранного транспорта.

3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ

Виды учебной работы	ЗЕ	Акад. ч.	
Общая трудоемкость дисциплины по учебному плану	5	180	135
Контактная работа (КР):	1,88	68	51
Лекции (Лек)	0,94	34	25
Лабораторные занятия (Лаб)	0,94	34	25
Самостоятельная работа (СР):	2,12	76	60
Самостоятельное изучение разделов дисциплины	2,12	76	60
Вид контроля:	Экзамен		
Экзамен	1	36	27

4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1. Разделы дисциплины и виды занятий

		Акад. часов			
		Всего	Лекции	Лабораторные занятия	Самостоятельная работа
	Введение	0,5	0,5	—	—
1	Раздел 1. Основы и особенности молекулярной биофизики биосистем	18	2	—	13
1.1	Основные положения и концепции субклеточной и молекулярной биофизики	7	1	—	6
1.2	Основы цитологии. Специфика живой материи	11	1	—	7
2	Раздел 2. Основные группы биологических соединений	35	6	12	11
2.1	Основные группы биологических соединений	16	3	4	6
2.2	Пространственная организация биополимеров	11	1	4	3
2.3	Строение биомембран	8	2	4	2
3	Раздел 3. Биотермодинамика и ферментативная кинетика	29	4	4	17
3.1	Основы биотермодинамики	8	1	—	7
3.2	Ферментативный биокатализ	12	2	2	6
3.3	Пассивный и активный трансмембранный транспорт	9	1	2	4
4	Раздел 4. Бионанотехнологии. Основные концепции и направления развития	61	4	18	35
4.1	Структурные и функциональные принципы бионанотехнологии. Биосенсоры.	21	1	8	10
4.2	Основные аналитические методы и оборудование в бионанотехнологии	12	2	—	10
4.3	Предсказание структуры и функций макромолекул. Элементы биоинформатики.	28	1	10	15
	Заключение	0,5	0,5	—	—
	ИТОГО	144	17	34	76

	Экзамен	36			
	ИТОГО	180			

4.2 Содержание разделов дисциплины

Введение

Основные понятия и определения. Особенности и различия бионанотехнологии и нанобиотехнологии. Нанобиотехнология в биотехнологии. Размеры биологических наноструктур.

Раздел 1. Основы и особенности молекулярной биофизики биосистем

1.1. Основные положения и концепции субклеточной и молекулярной биофизики. Общие положения биофизики белков и нуклеиновых кислот. Базовые представления биофизики сложных систем и биоэнергетики. Общие положения физиологической и анатомической биофизики. Основные концепции биофизики среды обитания.

1.2. Основы цитологии. Специфика живой материи. Клетка. Клеточная теория. Атомный состав живых организмов. Специфические особенности биомолекулярных систем. Специфика биомолекулярной механики. Принципы молекулярного узнавания Крейна. Энергетическое сопряжение. Физические взаимодействия в биосистемах. Особенности ковалентных связей в биомолекулах. Особенности нековалентных взаимодействий. Комбинаторный характер молекулярного разнообразия.

Раздел 2. Основные группы биологических соединений

2.1 Основные группы биологических соединений. Аминокислоты. Классификация. Специальные аминокислоты. Белки. Иерархия белковых структур. Нуклеиновые кислоты. Структура нуклеиновых кислот. Углеводы. Классификация и структуры.

2.2 Пространственная организация биополимеров. Белковая глобула. Фолдинг белка. Фазовые переходы в белках.

2.3 Строение биомембран. Самосборка липидных структур. Межмолекулярные взаимодействия в биомембранах. Фазовые переходы липидов в биомембранах.

Раздел 3. Биотермодинамика и ферментативная кинетика

3.1 Основы биотермодинамики. Внутренняя энергия и степени свободы. Закон Больцмана. Первое начало термодинамики. Теплоемкость. Уравнение Майера. Энтропия. Второе начало термодинамики. Статистическое определение энтропии.

3.2 Ферментативный биокатализ. Основные положения ферментативного (био) катализа. Специфика биокатализаторов. Классификация ферментов. Специфика ферментативных реакций. Фермент-субстратный комплекс. Механизмы ферментативного катализа. Примеры ферментативных процессов. Механизмы и кинетика ферментативных реакций. Стационарная кинетика Михаэлиса-Ментен. Регуляция скоростей ферментативных реакций.

3.3 Пассивный и активный трансмембранный транспорт. Классификация видов пассивного транспорта. Уравнение Теорелла. Уравнение Нернста-Планка. Закон Фика. Пассивная (простая) диффузия через мембрану. Проницаемость фосфолипидной мембраны для различных молекул. Сравнение. Диффузия полярных молекул воды через мембрану. Транспорт через мембрану с помощью белков-транспортёров. Облегченная диффузия. Отличия облегченной диффузии от пассивной. Трансмембранный транспорт глюкозы. Поры в липидном бислое. Активный транспорт. Энергетические потенциалы биомембран. Мембранный потенциал. Потенциалы покоя. АТФ насосы. Уравнение Гольдмана. Уравнение Томаса

Раздел 4. Бионанотехнологии. Основные концепции и направления развития

4.1 Эволюционный и инженерный подход к созданию бионаномашин. Структурные принципы бионанотехнологии. Структура и стабильность биомолекул. Самоассемблирование и самоорганизация. Функциональные принципы бионанотехнологии. Информационно-управляемое ассемблирование бионаномашин.

Примеры бионаномашин. Рибосома как информационно-управляемый наноассемблер. Особенности и принципы химических нанотрансформаций в биосистемах. Биосенсоры.

4.2 Основные аналитические методы и оборудование в бионанотехнологии.

4.3 Моделирование макромолекул. Предсказание структуры и функций макромолекул. Элементы биоинформатики.

Заключение

Обобщение пройденного материала; рассматривается как полученные знания могут быть применены при проведении научных исследований в области использования молекулярной биофизики и бионанотехнологий. Подведение итогов курса.

5. СООТВЕТСТВИЕ СОДЕРЖАНИЯ ТРЕБОВАНИЯМ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

№	В результате освоения дисциплины студент должен:	Раздел 1	Раздел 2	Раздел 3	Раздел 4		
	Знать:						
1	основные положения и концепции молекулярной биофизики, основные концепции и направления развития бионанотехнологии	+			+		
2	специфические особенности биомолекулярных систем и биомолекулярной механики	+					
3	основные группы биологических соединений (аминокислоты, белки, нуклеиновые кислоты, углеводы, липиды)		+	+	+		
4	основные пакеты программ, используемые для молекулярного моделирования				+		
	Уметь:						
5	анализировать физические взаимодействия в биосистемах, учитывая особенности ковалентных и нековалентных взаимодействий	+	+	+	+		
6	анализировать структуру биомолекул на основе структурных и функциональных принципов бионанотехнологии	+	+		+		
	Владеть:						
7	основными принципами и подходами для проведения расчетов по ферментативной кинетике			+			
8	основными подходами для расчета кинетики трансмембранного транспорта	+	+	+	+		
	В результате освоения дисциплины студент должен приобрести следующие профессиональные компетенции и индикаторы их достижения:						
9	ПК-2. Готов к анализу и систематизации научно-технической информации по теме исследования, выбору методик и средств решения задачи, анализу результатов и их интерпретации	ПК-2.1 Знает теорию эксперимента в области своей профессиональной деятельности и методики анализа явлений и процессов		+	+	+	+
10	ПК-2. Готов к анализу и систематизации научно-технической информации по теме исследования, выбору	ПК-2.2 Умеет применять информационно-коммуникационные технологии для сбора,			+	+	+

№	В результате освоения дисциплины студент должен:		Раздел 1	Раздел 2	Раздел 3	Раздел 4
	методик и средств решения задачи, анализу результатов и их интерпретации	структурирования и анализа информации и программно-информационные комплексы для проведения научно-исследовательских работ.				
11	ПК-3 Способен к анализу технологических процессов наноиндустрии	ПК-3.2 Умеет использовать модели для описания и прогнозирования параметров технологических процессов			+	+
12	ПК-4 Способен применять расчётно-теоретические методы для обработки измерений параметров, изучения и модификации свойств наноматериалов и наноструктур с использованием современной вычислительной техники	ПК-4.2 Умеет использовать расчётно-теоретические методы для изучения свойств наноматериалов и наноструктур и процессов с их участием	+	+	+	+
13	ПК-4 Способен применять расчётно-теоретические методы для обработки измерений параметров, изучения и модификации свойств наноматериалов и наноструктур с использованием современной вычислительной техники	ПК-4.3 Владеет навыками обработки измерений параметров и модификации свойств наноматериалов и наноструктур	+	+	+	+
14	ПК-5 Способен осуществлять анализ научных основ процессов и технологий производства нанопродукции, проводить измерения и контролировать параметры технологических операций	ПК-5.1 Знает физико-химические основы процессов и технологий наноиндустрии	+	+	+	+
15	ПК-5 Способен осуществлять анализ научных основ процессов и технологий производства нанопродукции, проводить измерения и контролировать параметры технологических операций	ПК-5.2 Умеет измерять и контролировать параметры технологических операций процессов производства нанопродукции		+	+	+
16	ПК-5 Способен осуществлять анализ научных основ процессов и технологий производства нанопродукции, проводить измерения и контролировать параметры технологических операций	ПК-5.3 Владеет навыками анализа научных основ нанопроцессов, наносистем и нанотехнологий	+	+	+	+

6. ПРАКТИЧЕСКИЕ И ЛАБОРАТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ

6.1. Практические занятия

Практические занятия по дисциплине «Молекулярная биофизика и бионанотехнологии» не предусмотрены.

6.2. Лабораторные занятия

Предусмотрены лабораторные занятия обучающегося в магистратуре в объеме 34 акад. ч.

№	№ раздела дисциплины	Темы лабораторных занятий	Часы
1	2, 4	Работа с базами данных по биологическим соединениям https://www.ncbi.nlm.nih.gov/ . Сбор информации по гену, кодирующему конкретный белок	8
2	2, 4	Работа с базой UNIPROT https://www.uniprot.org/	8
3	4	Работа с программами по выравниванию аминокислотных последовательностей: BLAST https://blast.ncbi.nlm.nih.gov/Blast.cgi ; Clustal Omega https://www.ebi.ac.uk/Tools/msa/clustalo/	8
4	3	Расчет кинетики ферментативного катализа для реакций с разными ферментами. Расчет концентраций основных ионов при трансмембранном переносе.	4
5	2, 4	Работа базой данных RCSB Protein Data Bank (открытый доступ в интернете). Разбор конкретных примеров по структуре белковых соединений https://www.rcsb.org/	6
		ИТОГО	34

7. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА

Рабочей программой дисциплины «Молекулярная биофизика и бионанотехнологии» предусмотрена самостоятельная работа студента магистратуры в объеме 76 акад. ч в семестре. Самостоятельная работа проводится с целью углубления знаний по дисциплине и предусматривает:

- ознакомление и проработку рекомендованной литературы, работу с электронно-библиотечными системами, включая переводы публикаций из научных журналов, цитируемых в базах Scopus, Web of Science, Chemical Abstracts, РИНЦ;
- посещение отраслевых выставок и семинаров;
- подготовку к выполнению контрольных работ по материалу лекционного курса;
- подготовку к сдаче экзамена по курсу.

Планирование времени на самостоятельную работу, необходимого на изучение дисциплины, студентам лучше всего осуществлять на весь период изучения, предусматривая при этом регулярное повторение пройденного материала. Материал, законспектированный на лекциях, необходимо регулярно дополнять сведениями из литературных источников, представленных в рабочей программе. При работе с указанными источниками рекомендуется составлять краткий конспект материала, с обязательным фиксированием библиографических данных источника.

8. ПРИМЕРЫ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

(РАЗДЕЛ ВЫПОЛНЕН В АВТОРСКОЙ РЕДАКЦИИ)

Для текущего контроля освоения дисциплины предусмотрены следующие оценочные средства: реферат (максимальная оценка – 18 баллов), 3 контрольные работы (максимальная оценка за каждую работу – 4 балла, всего за 3 работы – 12 баллов), задания для лабораторных работ (максимальная оценка за каждое задание – 6 баллов, всего за 5 заданий – 30 баллов). Итоговой формой контроля освоения дисциплины является экзамен.

8.1. Примерная тематика реферативно-аналитической работы

1. Структура и конформация биомолекул.
2. Специфика живой материи. Клетка. Клеточная теория.
3. Атомный состав живых организмов.
4. Физические взаимодействия в биосистемах.
5. Строение и классификация углеводов.
6. Углеводы. Оптическая изомерия в углеводах.
7. Углеводы. Стереизомеры.
8. Углеводы. Основные моносахариды.
9. Биологические полисахариды. Особенности строения. Простые и сложные углеводы. Применение.
10. Особенности строения аминокислот. Классификация. Применение.
11. Строение и функции липидов.
12. Белки. Особенности образования. Пептидная связь. Структуры белков. Конформации.
13. Белки. Белковый фолдинг. Понятие убиквитирования.
14. Структура молекулы РНК. Виды. Функции.
15. Классификация ферментов. Оксидоредуктазы.
16. Классификация ферментов. Трансферазы.
17. Классификация ферментов. Гидролазы.
18. Классификация ферментов. Лиазы.
19. Классификация ферментов. Изомеразы.
20. Классификация ферментов. Лигазы (синтетазы).
21. Строение биологических мембран.
22. Пores в липидном бислое.
23. АТФ насосы. Примеры. Уравнение Гольдмана. Уравнение Томаса.
24. Основные положения и концепции субклеточной биофизики.
25. Принципы молекулярного узнавания Крейна.
26. Основы биотермодинамики. Внутренняя энергия и степени свободы.
27. Закон Больцмана. Первое начало термодинамики. Теплоемкость. Уравнение Майера.
28. Энтропия. Второе начало термодинамики. Статистическое определение энтропии.
29. Реакция ферментативного катализа.
30. Два механизма ферментативного катализа: кислотно-основной и ковалентный.
31. Строение биологических мембран.
32. Пассивный и активный трансмембранный транспорт.
33. Уравнение Нернста-Планка.
34. Закон Фика.

35. Диффузия полярных молекул воды через мембрану.
36. Облегченная диффузия.
37. Энергетические потенциалы биомембран.
38. Мембранный потенциал.
39. Потенциалы покоя.
40. Эволюционный и инженерный подход к созданию бионаномашин.
41. Самоассемблирование и самоорганизация биомолекул.
42. Бионанотехнологии в фармацевтике. Получение рекомбинантных белков.
43. Микробиологические системы для нанобиотехнологии.
44. Биосенсоры.
45. Методы структурного анализа.
46. Методы микроскопии.
47. Методы оптической спектроскопии.
48. Масс-спектрометрия. Ионизация образцов.
49. Моделирование макромолекул. Пакеты программ. Описание.
50. Матрицы Blosum и PAM при выравнивании близко родственных последовательностей, назначение и отличия.

8.2. Примеры контрольных работ для текущего контроля освоения дисциплины

Для текущего контроля предусмотрено 3 контрольные работы.

Контрольная работа № 1

Максимальная оценка – 4 балла

1. Особенности и различия бионанотехнологии и нанобиотехнологии. Нанобиотехнология в биотехнологии.
2. Структура и конформация биомолекул. Взаимосвязь структуры и функции молекул. Конформационные переходы. Межмолекулярное связывание.
3. Строение и классификация углеводов.
4. Третичная и четвертичная структуры белков. Белковый фолдинг. Примеры. Понятие убиквитирования.

Контрольная работа № 2

Максимальная оценка – 4 балла

1. Основы биотермодинамики. Внутренняя энергия и степени свободы
2. Классификация ферментов. Оксидоредуктазы.
3. Реакция ферментативного катализа в общем виде, описание механизма (стадии).
4. Пассивный и активный трансмембранный транспорт. Классификация видов пассивного транспорта. Уравнение Теорелла.

Контрольная работа № 3

Максимальная оценка – 4 балла

1. Эволюционный и инженерный подход к созданию бионаномашин. Структурные принципы бионанотехнологии.
2. Бионанотехнологии в фармацевтике. Получение рекомбинантных белков. Технология рекомбинантных ДНК.
3. Биосенсоры. Понятие биосенсоров. Классификации биосенсоров. Требования к биосенсорам.
4. Методы структурного анализа. Рентгеновская кристаллография.

8.3. Вопросы для итогового контроля освоения дисциплины (экзамен, 2 семестр)

1. Особенности и различия бионанотехнологии и нанобиотехнологии. Нанобиотехнология в биотехнологии.
2. Понятие биофизики. История развития.
3. Разделы биофизики. Российская и европейская классификация. История.
4. Структура и конформация биомолекул. Взаимосвязь структуры и функции молекул. Конформационные переходы. Межмолекулярное связывание.
5. Основные положения и концепции субклеточной биофизики.
6. Общие положения биоэнергетики (понятия биотермодинамики и биокинетики).
7. Общие положения физиологической и анатомической биофизики (биомеханика).
8. Концепция бифизики среды обитания.
9. Специфика живой материи. Клетка. Клеточная теория.
10. Атомный состав живых организмов.
11. Специфика биомолекулярной механики. Гравитация и инерция. Атомная гранулярность. Тепловое движение.
12. Принципы молекулярного узнавания Крейна.
13. Физические взаимодействия в биосистемах. Особенности ковалентных связей в биомолекулах.
14. Физические взаимодействия в биосистемах. Особенности нековалентных взаимодействий.
15. Строение и классификация углеводов.
16. Оптическая изомерия в углеводах. Примеры.
17. Углеводы. Стереизомеры. Примеры.
18. Основные моносахариды.
19. Биологические полисахариды. Особенности строения. Простые и сложные углеводы. Применение.
20. Особенности строения аминокислот. Классификация. Применение.
21. Особенности образования белков. Пептидная связь. Структуры белков. Первичная и вторичные структуры белков. Конформации
22. Третичная и четвертичная структуры белков. Белковый фолдинг. Примеры. Понятие убиквитирования.
23. ДНК. Фосфородиэфирная связь. Правило Э.Чаргаффа. Комплементарность. Уровни компактизации ДНК. Основные функции.
24. Структура молекулы РНК. Виды. Функции.
25. Строение и функции липидов.
26. Основы биотермодинамики. Внутренняя энергия и степени свободы.
27. Закон Больцмана. Первое начало термодинамики. Теплоемкость. Уравнение Майера.
28. Энтропия. Второе начало термодинамики. Статистическое определение энтропии.
29. Понятие ферментативного биокатализа. Основные понятия энзимологии. Специфические черты биокатализаторов. Понятие активного центра.
30. Классификация ферментов. Оксидоредуктазы.
31. Классификация ферментов. Трансферазы.
32. Классификация ферментов. Гидролазы.
33. Классификация ферментов. Лиазы.
34. Классификация ферментов. Изомеразы.
35. Классификация ферментов. Лигаза (синтетаза).

36. Реакция ферментативного катализа в общем виде, описание механизма (стадии).
37. Модели фермент-субстратного связывания, модель "ключ-замок" Фишера.
38. Модели фермент-субстратного связывания модель "рука-перчатка" Кошланда.
39. Описать два механизма ферментативного катализа: кислотно-основной и ковалентный. Примеры.
40. Кинетика ферментативной реакции. Уравнение Михаэлиса-Ментена. Вывод уравнения.
41. Уравнение Михаэлиса-Ментена. Физический смысл константы Михаэлиса. Влияние температуры и pH на скорость ферментативной реакции.
42. Строение биологических мембран.
43. Пассивный и активный трансмембранный транспорт. Классификация видов пассивного транспорта. Уравнение Теорелла.
44. Уравнение Нернста-Планка.
45. Закон Фика. Пассивная (простая) диффузия через мембрану. Проницаемость фосфолипидной мембраны для различных молекул. Сравнение.
46. Диффузия полярных молекул воды через мембрану. Транспорт через мембрану с помощью белков-транспортёров.
47. Облегченная диффузия. Отличия облегченной диффузии от пассивной. Трансмембранный транспорт глюкозы.
48. Поры в липидном бислое. Активный транспорт.
49. Энергетические потенциалы биомембран. Мембранный потенциал. Потенциалы покоя.
50. АТФ насосы. Примеры. Уравнение Гольдмана. Уравнение Томаса.
51. Эволюционный и инженерный подход к созданию бионаномашин. Структурные принципы бионанотехнологии.
52. Структура и стабильность биомолекул. Самоассемблирование и самоорганизация.
53. Функциональные принципы бионанотехнологии. Информационно-управляемое ассемблирование бионаномашин.
54. Примеры бионаномашин. Рибосома как информационно-управляемый наноассемблер.
55. Технология рекомбинантных ДНК.
56. Химический синтез ДНК.
57. Бионанотехнологии в фармацевтике. Получение рекомбинантных белков.
58. Микробиологические системы для нанобиотехнологии.
- Иммунодиагностика.
59. Особенности и принципы химических нанотрансформаций в биосистемах.
60. Биосенсоры. Понятие биосенсоров. Классификации биосенсоров. Требования к биосенсорам.
61. Классификация биосенсоров. Аналитические и калибровочные характеристики.
62. Устройство и принцип действия. Механизм действия. Примеры.
63. Классификация биосенсоров. Особенности по сравнению с химическим сенсором.
64. Электрохимический биосенсор.
65. Оптический биосенсор.
66. Гравиметрический биосенсор.
67. Методы структурного анализа. Рентгеновская кристаллография.
68. Электронный парамагнитный резонанс.

69. Ядерный магнитный резонанс.
70. Методы микроскопии. Электронная микроскопия.
71. Атомно-силовая микроскопия.
72. Туннельная микроскопия.
73. Методы оптической спектроскопии. Молекулярная спектроскопия.
74. Инфракрасная спектроскопия.
75. Спектроскопия в видимой и ультрафиолетовой областях.
76. Масс-спектрометрия. Ионизация образцов.
77. Электро-распылительная ионизация (ESI)/
78. Лазерно-десорбционная ионизация с участием конденсированной матрицы (MALDI)/
79. Анализаторы масс. Детектирование сигнала.
80. Программа BLAST для выравнивания родственных последовательностей.

Фонд оценочных средств приведен в виде отдельного документа, являющегося неотъемлемой частью основной образовательной программы.

8.4 Структура и пример билета для экзамена (2 семестр)

Экзамен по дисциплине «Молекулярная биофизика и бионанотехнологии» проводится в 2 семестре и включает контрольные вопросы по всем разделам рабочей программы дисциплины. Билет для зачёта с оценкой состоит из 3-х вопросов, относящихся к указанным разделам. Ответы на вопросы зачёта с оценкой оцениваются из максимальной оценки 40 баллов следующим образом: максимальное количество баллов за первый вопрос – 15 баллов, второй – 15 баллов, третий – 10 баллов. Максимальное количество баллов за экзамен – 40 баллов.

Пример билета для экзамена:

«Утверждаю»
зав. кафедрой ХФИ
(Должность, наименование кафедры)

Н.В. Меньшутина
(Подпись) (И. О. Фамилия)
«__» _____ 20__ г.

Министерство науки и высшего образования РФ
Российский химико-технологический университет
имени Д.И. Менделеева
Кафедра химического и фармацевтического инжиниринга
28.04.02 Наноинженерия
Магистерская программа –
«Материалы и технологии наноинженерии»
Дисциплины «Молекулярная биофизика и
бионанотехнологии»
Билет № 1

1. Структура и конформация биомолекул. Взаимосвязь структуры и функции молекул. Конформационные переходы. Межмолекулярное связывание.
2. Классификация ферментов. Оксидоредуктазы.
3. Примеры бионаномашин. Рибосома как информационно-управляемый наноассемблер.

9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

9.1. Рекомендуемая литература

А) Основная литература:

1. Луценко Н. Г. Начала биохимии [Текст] : в 2 ч. : Учебное пособие / Н. Г. Луценко, С. В. Калёнов, А. В. Белодед. - М. : РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2011. - ISBN 978-5-7237-0922-5. Ч.1 : Курс лекций. - 2011. - 156 с.
2. Луценко Н. Г. Начала биохимии [Текст] : в 2 ч. : Учебное пособие / Н. Г. Луценко, С. В. Калёнов, А. В. Белодед. - М. : РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2011. - ISBN 978-5-7237-0922-5. Ч.2 : Информационные материалы к лекциям. - 2011. - 103 с.
3. Основы биохимии. Статическая биохимия [Текст] : учебное пособие / О. Д. Лопина [и др.]. - М. : РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2013. - 172 с.
4. Газит Э. Нанобиотехнология: необъятные перспективы развития. – М.: Научный мир, 2011. – 152 с. [Электронный ресурс]: - Режим доступа: https://www.studmed.ru/gazit-e-nanobiotehnologiya-neobyatnye-perspektivy-razvitiya_8ef2b83c43d.html (дата обращения: 07.04.2025).

Б) Дополнительная литература:

1. Эмануэль Н. М. Химическая и биологическая кинетика/ Н. М. Эмануэль, И. В. Березин, С. Д. Варфоломеев. - М. : Изд-во МГУ, 1983. - 295 с.
2. Кафаров В.В., Винаров А.Ю., Гордеев Л.С. Моделирование биохимических реакторов. – М. : Лесн. пром-ть, 1979, 344 с.
3. Огурцов А.Н. Введение в биофизику. Физические основы биотехнологии: учебное пособие/ А.Н. Огурцов. – Х. .: НТУ «ХПИ», 2008. – 320 с.
4. Ризниченко Г. Ю. Лекции по математическим моделям в биологии (изд. 2-е, испр. и дополн.). Ижевск: Изд-во РХД, 2011. 560 с.
5. Биофизика: учебник / А.Б. Рубин. М.: КНОРУС, 2016. 190 с.
6. Огурцов А.Н. Биологические мембраны: учебное пособие/ А.Н. Огурцов. – Х. .: НТУ «ХПИ», 2012. – 368 с.

9.2. Рекомендуемые источники научно-технической информации

- Презентации к лекциям.
- Методические рекомендации по выполнению лабораторных работ.

Научно-технические журналы:

- «Программные продукты и системы», ISSN (печатной версии) – 0236-235X, ISSN (онлайновой версии) – 2311-2735;
- «Стандарты и качество», ISSN – 0038-9692;
- «Теоретические основы химической технологии», ISSN – 0040-3571;
- «Computers and Chemical Engineering» ISSN – 0098-1354;
- «Нанотехнологии: разработка, применение – XX1 век», ISSN – 2225-0980;
- «Наноинженерия», ISSN – 2223-4586;
- «Биотехнология», ISSN 0234-2758 (Print); 2500-2341 (Online)
- «Математическая биология и биоинформатика», ISSN 1994-6538
- «Biotechnology and Bioengineering», ISSN:1097-0290 (Online)
- «Biochemical Engineering Journal» ISSN 1369-703X
- «Journal of Bioscience and Bioengineering» ISSN 1389-1723.

Интернет-ресурсы:

1. Информационный портал RusNanoNet. Режим доступа: <http://www.rusnanonet.ru> (дата обращения: 07.04.2025).
2. Лабораторное оборудование компании «БИОХИМПРО». [Электронный ресурс]. Режим доступа: www.biohimpro.ru (дата обращения: 07.04.2025).
3. Protein Data Bank. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.rcsb.org/> (дата обращения: 07.04.2025)
4. Базы данных National Center for Biotechnology Information [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/> (дата обращения: 07.04.2025)
5. База белковых соединений UniProt [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.uniprot.org/> (дата обращения: 07.04.2025)
6. Программы по выравниванию аминокислотных последовательностей: BLAST и Clustal Omega [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://blast.ncbi.nlm.nih.gov/Blast.cgi>; <https://www.ebi.ac.uk/Tools/msa/clustalo/> (дата обращения: 07.04.2025)

Сайты на актуальные компании производителей лабораторного и промышленного оборудования ежегодно обновляются по материалам международной выставки «Химия», «Фармтек» и др.

9.3. Средства обеспечения освоения дисциплины

Для реализации учебной программы подготовлены следующие средства обеспечения освоения дисциплины:

- конспекты лекций в формате *.pdf – 17;
- компьютерные презентации интерактивных лекций – 17;
- банк вариантов рефератов – 30;
- банк вариантов контрольных работ – 30;
- банк билетов для зачёта с оценкой – 30.

При использовании электронного обучения и дистанционных образовательных технологий занятия полностью или частично проводятся в режиме онлайн. При этом данный список дополняется следующим разделом:

– групповой чат в ЭИОС, индивидуальные чаты и тематическая группа в WhatsApp, групповые онлайн-конференции и индивидуальные онлайн-собеседования в MS Teams.

1. Федеральный закон Российской Федерации от 29.12.2012 № 273-ФЗ «Об образовании в Российской Федерации». [Электронный ресурс]: – Режим доступа: <http://pravo.gov.ru/proxy/ips/?docbody=&nd=102162745&intelsearch=273-%D4%C7> (дата обращения: 14.04.2025).

2. Федеральные государственные образовательные стандарты высшего образования // Координационный совет учебно-методических объединений и научно-методических советов высшей школы. Портал Федеральных образовательных стандартов высшего образования [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://fgosvo.ru/fgosvo/152/150/25/> (дата обращения: 14.04.2025).

3. Приказ Министерства образования и науки РФ от 23.08.2017 № 816 «Об утверждении Порядка применения организациями, осуществляющими образовательную деятельность, электронного обучения, дистанционных образовательных технологий при реализации образовательных программ». [Электронный ресурс]: – Режим доступа: <http://pravo.gov.ru/proxy/ips/?docbody=&nd=102447332&intelsearch=816+-%EF%F0%E8%EA%E0%E7> (дата обращения: 14.04.2025).

4. Профессиональный стандарт 40.004 «Специалист в области технологического обеспечения полного цикла производства объемных нанометаллов, сплавов, композитов

на их основе и изделий из них», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации 03.02.2014 № 72н.

5. Профессиональный стандарт 40.020 «Специалист в области технологического обеспечения полного цикла производства объемных нанокерамик, соединений, композитов на их основе и изделий из них», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 11.04.2014 № 234н.

6. Профессиональный стандарт 26.006 «Специалист по разработке наноструктурированных композиционных материалов», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации 08.09.2015 № 604н.

7. Профессиональный стандарт 40.104 «Специалист по измерению параметров и модификации свойств наноматериалов и наноструктур», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 08.09.2015 № 611н.

При освоении дисциплины студенты должны использовать информационные и информационно-образовательные ресурсы следующих порталов и сайтов:

1. Система федеральных образовательных порталов. Система открытого образования. Консалтинговый центр ИОС ОО РФ. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.openedu.ru> (дата обращения: 14.04.2025).

2. Информационная система «Единое окно доступа к образовательным ресурсам». [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://window.edu.ru/> (дата обращения: 14.04.2025).

10. ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНОМ ПРОЦЕССЕ

Информационную поддержку изучения дисциплины осуществляет Информационно-библиотечный центр (ИБЦ) РХТУ им. Д.И. Менделеева, который обеспечивает обучающихся основной учебной, учебно-методической и научной литературой, необходимой для организации образовательного процесса по дисциплине. Общий объем многоотраслевого фонда ИБЦ на 01.01.2025 составляет 1 563 142 экз.

Фонд ИБЦ располагает учебной, учебно-методической и научно-технической литературой в форме печатных и электронных изданий, а также включает официальные, справочно-библиографические, специализированные отечественные и зарубежные периодические и информационные издания. ИБЦ обеспечивает доступ к профессиональным базам данных, информационным, справочным и поисковым системам.

Каждый обучающийся обеспечен свободным доступом из любой точки, в которой имеется доступ к сети Интернет и к электронно-библиотечной системе (ЭБС) Университета, которая содержит различные издания по основным изучаемым дисциплинам и сформирована по согласованию с правообладателями учебной и учебно-методической литературы.

Для более полного и оперативного справочно-библиографического и информационного обслуживания в ИБЦ реализована технология Электронной доставки документов.

11. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

В соответствии с учебным планом занятия по дисциплине проводятся в форме лекций, практических и лабораторных занятий и самостоятельной работы студента.

11.1 Оборудование, необходимое в образовательном процессе

Для изучения дисциплины «*Молекулярная биофизика и бионанотехнологии*» имеется лекционная учебная аудитория, оборудованная электронными средствами демонстрации (компьютер со средствами звуковоспроизведения, проектор, экран) и учебной мебелью; учебная аудитория для проведения практических занятий, оборудованная электронными средствами демонстрации; библиотека, имеющая рабочие компьютерные места для магистрантов, оснащенные компьютерами с доступом к базам данных и выходом в Интернет.

11.2 Учебно-наглядные пособия

По дисциплине «*Молекулярная биофизика и бионанотехнологии*» доступны учебные материалы. Реализованы лекции по учебным разделам в соответствии с программой дисциплины в виде презентаций. Доступны комплексы лабораторных работ, варианты заданий, электронный раздаточный материал к разделам лекционного курса.

11.3 Компьютеры, информационно-телекоммуникационные сети, аппаратно-программные и аудиовизуальные средства

На кафедре Химического и фармацевтического инжиниринга используются информационно-методические материалы: инструкции по технике безопасности в компьютерном классе; методические рекомендации к практическим и лабораторным занятиям; учебные пособия; электронные учебные пособия; кафедральные библиотеки электронных изданий; учебно-методические разработки кафедры в электронном виде; раздаточный материал к разделам дисциплины; справочные материалы.

На кафедре Химического и фармацевтического инжиниринга используются электронные образовательные ресурсы: электронные презентации к разделам лекционного курса; электронные конспекты лекций; учебно-методические разработки в электронном виде; демонстрационные программы; специализированное программное обеспечение; справочные материалы в электронном виде.

11.4 Перечень лицензионного программного обеспечения

Для реализации дисциплины «*Молекулярная биофизика и бионанотехнологии*» на кафедре Химического и фармацевтического инжиниринга используются информационно-методические материалы: учебные пособия; электронные учебные пособия; электронные презентации к разделам лекционных курсов; учебно-методические разработки кафедр в электронном виде; видеоуроки к разделам дисциплин.

Обеспеченность современными учебными пособиями, выпущенными преподавателями кафедры Химического и фармацевтического инжиниринга для магистрантов, довольно высокая. Ко всем научным изданиям и учебным пособиям, выпущенным через РИО РХТУ им. Д.И. Менделеева имеется доступ через фонды информационно-библиотечного фонда. Кроме того, большинство дисциплин, преподаваемых на кафедре, имеют развернутую информационно-образовательную и информационно-методическую поддержку, к ресурсам в сети Интернет.

№ п/п	Наименование программного продукта	Реквизиты договора поставки	Количество лицензий	Срок окончания действия лицензии
1.	WINDOWS 8.1 Professional Get Genuine	Контракт № 62-64ЭА/2013	24 лицензии для активации	бессрочная

		от 02.12.2013	на рабочих станциях	
2.	Microsoft Office Standard 2019 В составе: • Word • Excel • Power Point • Outlook	Контракт №175- 262ЭА/2019 от 30.12.2019	150 лицензий для активации на рабочих станциях	12 месяцев (ежегодное продление подписки с правом перехода на обновлённую версию продукта)
3.	Kaspersky Endpoint Security для бизнеса – Стандартный Russian Edition	Договор № 99-155ЭА- 223/2024	-	12 месяцев (ежегодное продление подписки с правом перехода на обновлённую версию продукта)

12 ТРЕБОВАНИЯ К ОЦЕНКЕ КАЧЕСТВА ОСВОЕНИЯ ПРОГРАММЫ

Наименование разделов	Основные показатели оценки	Формы и методы контроля и оценки
Раздел 1. Основы и особенности молекулярной биофизики биосистем	<i>Знает:</i> - основные положения и концепции молекулярной биофизики, основные концепции и направления развития бионанотехнологии; - специфические особенности биомолекулярных систем и биомолекулярной механики <i>Умеет:</i> - анализировать физические взаимодействия в биосистемах, учитывая особенности ковалентных и нековалентных взаимодействий; - анализировать структуру биомолекул на основе структурных и функциональных принципов бионанотехнологии. <i>Владеет:</i> - основными подходами для расчета кинетики трансмембранного транспорта	Оценка за контрольную работу 1. Оценка за реферат Оценка за экзамен.
Раздел 2.	<i>Знает:</i>	Оценка за

Основные группы биологических соединений	- основные группы биологических соединений (аминокислоты, белки, нуклеиновые кислоты, углеводы, липиды); <i>Умеет:</i> - анализировать физические взаимодействия в биосистемах, учитывая особенности ковалентных и нековалентных взаимодействий; - анализировать структуру биомолекул на основе структурных и функциональных принципов бионанотехнологии. <i>Владеет:</i> - основными подходами для расчета кинетики трансмембранного транспорта	контрольную работу 1, 2. Оценка за лабораторную работу 1, 2, 5. Оценка за реферат Оценка за экзамен.
Раздел 3. Биотермодинамика и ферментативная кинетика	<i>Знает:</i> - основные группы биологических соединений (аминокислоты, белки, нуклеиновые кислоты, углеводы, липиды); <i>Умеет:</i> - анализировать физические взаимодействия в биосистемах, учитывая особенности ковалентных и нековалентных взаимодействий. <i>Владеет:</i> - основными принципами и подходами для проведения расчетов по ферментативной кинетике; - основными подходами для расчета кинетики трансмембранного транспорта.	Оценка за контрольную работу 2. Оценка за лабораторную работу 4. Оценка за реферат Оценка за экзамен.
Раздел 4. Бионанотехнологии. Основные концепции и направления развития	<i>Знает:</i> - основные положения и концепции молекулярной биофизики, основные концепции и направления развития бионанотехнологии; - основные группы биологических соединений (аминокислоты, белки, нуклеиновые кислоты, углеводы, липиды); - основные пакеты программ, используемые для молекулярного моделирования. <i>Умеет:</i> - анализировать структуру биомолекул на основе структурных и функциональных принципов бионанотехнологии;	Оценка за контрольную работу 3. Оценка за лабораторную работу 1-3, 5. Оценка за реферат Оценка за экзамен.

	- анализировать структуру биомолекул на основе структурных и функциональных принципов бионанотехнологии. <i>Владеет:</i> - основными подходами для расчета кинетики трансмембранного транспорта	
--	--	--

13. ОСОБЕННОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ДЛЯ ИНВАЛИДОВ И ЛИЦ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ

Обучение инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья осуществляется в соответствии с:

- Порядком организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры (Приказ Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 06.04.2021 № 245);

- Положением о порядке организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева», принятым решением Ученого совета РХТУ им. Д.И. Менделеева от 28.12.2022, протокол № 5;

- Методическими рекомендациями по организации образовательного процесса для обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья в образовательных организациях высшего образования, в том числе оснащенности образовательного процесса (утверждены заместителем Министра образования и науки РФ А.А. Климовым от 08.04.2014 № АК-44/05вн).

Дополнения и изменения к рабочей программе дисциплины
«Молекулярная биофизика и бионанотехнологии»
основной образовательной программы
 по направлению подготовки
 28.04.02 Наноинженерия
 магистерская программа
 «Материалы и технологии наноинженерии»
 Форма обучения: очная

Номер изменения/ дополнения	Содержание дополнения/изменения	Основание внесения изменения/дополнения
1		протокол заседания кафедры №_____от «___»_____20__г.
		протокол заседания кафедры №_____от «___»_____20__г.
		протокол заседания кафедры №_____от «___»_____20__г.
		протокол заседания кафедры №_____от «___»_____20__г.
		протокол заседания кафедры №_____от «___»_____20__г.

**Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Российский химико-технологический университет
имени Д.И. Менделеева»**

«УТВЕРЖДЕНО»

на заседании Ученого совета

РХТУ им. Д.И. Менделеева

протокол № 30 от «30» июня 2025 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«Оптические явления в наноструктурах»

Направление подготовки 28.04.02 Наноинженерия

Магистерская программа

«Материалы и технологии наноинженерии»

Квалификация «магистр»

Москва 2025

Программа составлена старшим преподавателем кафедры кибернетики химико-технологических процессов В. Л. Лукьяновым

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры кибернетики химико-технологических процессов «12 » мая 2025 г., протокол № 8.

1. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

Программа составлена в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования – магистратура по направлению подготовки 28.04.02 Наноинженерия, магистерская программа «Материалы и технологии наноинженерии» накопленным опытом преподавания дисциплины кафедрой кибернетики химико-технологических процессов РХТУ им. Д.И. Менделеева. Программа рассчитана на изучение дисциплины в течение одного семестра.

Дисциплина «Оптические явления в наноструктурах» относится к части, формируемой участниками образовательных отношений, блока 1 «Дисциплины (модули)» учебного плана и является дисциплиной по выбору студента. Программа дисциплины предполагает, что обучающиеся имеют теоретическую и практическую подготовку в области физики, математики, химии и численных методов решения уравнений.

Цель дисциплины – изучение оптических явлений в наноматериалах и наноструктурах.

Задачи дисциплины – изучение закономерностей взаимодействия оптического излучения с наноматериалами и наноструктурами, аномалий оптических свойств наноматериалов и наноструктур, областей практического применения наноматериалов и наноструктур.

Дисциплина «*Оптические явления в наноструктурах*» преподается в 3 семестре. Контроль успеваемости студентов ведется по принятой в университете рейтинговой системе.

Рабочая программа дисциплины может быть реализована с применением электронных образовательных технологий и электронного обучения полностью или частично.

2. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Изучение дисциплины направлено на приобретение следующих профессиональных компетенций и индикаторов их достижения:

Задача профессиональной деятельности	Объект или область знания	Код и наименование ПК	Код и наименование индикатора достижения ПК	Основание (профессиональный стандарт, анализ опыта) Обобщенные трудовые функции
Тип задач профессиональной деятельности: научно-исследовательский и инновационный				
– планирование и проведение теоретических и экспериментальных исследований в области инженерных нанотехнологий с целью совершенствования объектов профессиональной деятельности, обоснования их технических характеристик, определения условий их применения и эксплуатации; – участие в составе коллектива в работах по решению инновационных проблем нанотехнологий – от идеи, фундаментальных и прикладных исследований до создания промышленных изделий.	– методы исследований, испытаний, диагностики и контроля качества наноматериалов, полуфабрикатов и изделий на их основе; – наноматериалы, процессы нанотехнологий и методы нанодиагностики для химии, фармацевтики, биотехнологии, энергетики, научных исследований и других областей техники.	ПК-2. Готов к анализу и систематизации научно-технической информации по теме исследования, выбору методик и средств решения задачи, анализу результатов и их интерпретации	ПК-2.1 Знает теорию эксперимента в области своей профессиональной деятельности и методики анализа явлений и процессов ПК-2.2 Умеет применять информационно-коммуникационные технологии для сбора, структурирования и анализа информации и программно-информационные комплексы для проведения научно-исследовательских работ ПК-2.3 Владеет навыками проведения информационного поиска и обработки научно-технической информации	Профессиональный стандарт 40.011 «Специалист по научно-исследовательским и опытно-конструкторским разработкам», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 04.03.2014 № 121 н, Обобщенная трудовая функция С. Проведение научно-исследовательских и опытно-конструкторских разработок. С /01.6. Осуществление научного руководства проведением исследований по отдельным задачам (уровень квалификации – 6)

– планирование и проведение теоретических и экспериментальных исследований в области инженерных нанотехнологий с целью совершенствования объектов профессиональной деятельности, обоснования их технических характеристик, определения условий их применения и эксплуатации; – участие в составе коллектива в работах по решению инновационных проблем нанотехнологии – от идеи, фундаментальных и прикладных исследований до создания промышленных изделий.	– методы исследований, испытаний, диагностики и контроля качества наноматериалов, полуфабрикатов и изделий на их основе; – наноматериалы, процессы нанотехнологий и методы нанодиагностики для химии, фармацевтики, биотехнологии, энергетики, научных исследований и других областей техники.	ПК-3. Способен к анализу технологических процессов нанотехнологии	ПК-3.2 Умеет использовать модели для описания и прогнозирования параметров технологических процессов	Профессиональный стандарт 40.011 «Специалист по научно-исследовательским и опытно-конструкторским разработкам», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 04.03.2014 № 121 н, Обобщенная трудовая функция С. Проведение научно-исследовательских и опытно-конструкторских разработок. С /01.6. Осуществление научного руководства проведением исследований по отдельным задачам (уровень квалификации – 6)
– планирование и проведение теоретических и экспериментальных исследований в области инженерных нанотехнологий с целью совершенствования объектов	– методы исследований, испытаний, диагностики и контроля качества наноматериалов, полуфабрикатов и изделий на их	ПК-4. Способен применять расчётно-теоретические методы для обработки измерений параметров,	ПК-4.1 Знает физико-химические характеристики различных видов наноматериалов и наноструктур и основные методы их исследования и	Профессиональный стандарт 40.104 «Специалист по измерению параметров и модификации свойств наноматериалов и наноструктур», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 07.09.2015 № 593н. Обобщенная трудовая функция D: Руководство подразделениями по

профессиональной деятельности, обоснования их технических характеристик, определения условий их применения и эксплуатации; – участие в составе коллектива в работах по решению инновационных проблем нанотехнологий – от идеи, фундаментальных и прикладных исследований до создания промышленных изделий.	основе; – наноматериалы, процессы нанотехнологий и методы нанодиагностики для химии, фармацевтики, биотехнологии, энергетики, научных исследований и других областей техники.	изучения и модификации свойств наноматериалов и наноструктур с использованием современной вычислительной техники	измерения параметров ПК-4.2 Умеет использовать расчётно-теоретические методы для изучения свойств наноматериалов и наноструктур и процессов с их участием	измерениям параметров и модификации свойств наноматериалов и наноструктур. D/01.7: Организация и контроль процессов измерений параметров и модификации свойств наноматериалов и наноструктур (уровень квалификации – 7)
– планирование и проведение теоретических и экспериментальных исследований в области инженерных нанотехнологий с целью совершенствования объектов профессиональной деятельности, обоснования их технических характеристик, определения условий их применения и эксплуатации;	– методы исследований, испытаний, диагностики и контроля качества наноматериалов, полуфабрикатов и изделий на их основе; – наноматериалы, процессы нанотехнологий и методы нанодиагностики для химии, фармацевтики,	ПК-5. Способен осуществлять анализ научных основ процессов и технологий производства нанопродукции, проводить измерения и контролировать параметры технологических операций	ПК-5.1 Знает физико-химические основы процессов и технологий наноиндустрии	Профессиональный стандарт 40.004 «Специалист в области технологического обеспечения полного цикла производства объемных нанометаллов, сплавов, композитов на их основе и изделий из них», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 03.02.2014 № 72н. Обобщенная трудовая функция С: Процессы жизненного цикла продукции. С/05.7: Обеспечение технологических операций процесса производства нанопродукции и обслуживания технологического оборудования. (уровень квалификации – 7) Профессиональный стандарт 40.020

– участие в составе коллектива в работах по решению инновационных проблем нанотехнологии – от идеи, фундаментальных и прикладных исследований до создания промышленных изделий.	биотехнологии, энергетики, научных исследований и других областей техники.			«Специалист в области технологического обеспечения полного цикла производства объемных нанокерамик, соединений, композитов на их основе и изделий из них», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 11.04.2014 № 234н. Обобщенная трудовая функция С: Процессы жизненного цикла продукции. С/05.7: Обеспечение технологических операций процесса производства нанопроductии и обслуживания технологического оборудования. (уровень квалификации – 7)
---	--	--	--	---

В результате изучения дисциплины студент магистратуры должен:

Знать:

- законы взаимодействия оптического излучения с нанообъектами;
- основные аномалии оптических свойств наноструктур;
- способы получения наноструктур с заданными оптическими свойствами, их области применения и перспективы.

Уметь:

- рассчитывать и определять экспериментально оптические параметры нанообъектов и наноструктурированных материалов.

Владеть:

- методами математического моделирования процесса взаимодействия оптического излучения с наноструктурами;
- современными инструментальными методами исследования перспективных наноматериалов.

3. Объем дисциплины и виды учебной работы

Вид учебной работы	Объем дисциплины		
	ЗЕ	Акад. ч.	Астр.ч.
Общая трудоемкость дисциплины	3	108	81
Контактная работа – аудиторные занятия:	0,94	34	25,5
Лекции	0,47	17	12,75
Практические занятия (ПЗ)	0,47	17	12,75
Самостоятельная работа	2,06	74	55,5
Контактная самостоятельная работа	2,06	0,4	0,3
Самостоятельное изучение разделов дисциплины		73,6	55,2
Вид итогового контроля:	Зачёт с оценкой		

4. Содержание дисциплины

4.1. Разделы дисциплины и виды занятий

№ п/п	Раздел дисциплины	Академ. часов			
		Всего	Лек- ции	Прак. зан.	Сам. работа
1.	Раздел 1. Введение. Метаматериалы	26	4	4	18
1.1	Геометрическая оптика	8	1	1	6
1.2	Физическая оптика	8	1	1	6
1.3	Метаматериалы	10	2	2	6
2.	Раздел 2. Фотонные кристаллы. Плазмоника	26	4	4	18
2.1	Фотонные кристаллы	8	1	1	6
2.2	Численное решение уравнений Максвелла	8	1	1	6
2.3	Плазмоника	10	2	2	6
3.	Раздел 3. Интерференционные и дифракционные явления	26	4	4	18
3.1	Оптические явления в тонких пленках	8	1	1	6
3.2	Дифракция	8	1	1	6
3.3	Рассеяние света	10	2	2	6
4.	Раздел 4. Элементы квантовой оптики наноструктур	30	5	5	20
4.1	Оптические ловушки	8	1	1	6
4.2	Квантовый размерный эффект	11	2	2	7
4.3	Оптические свойства полупроводниковых наноструктур	11	2	2	7
	ИТОГО	108	17	17	74

4.2 Содержание разделов дисциплины

Раздел 1. Введение. Метаматериалы.

1.1. Геометрическая оптика.

Основные законы геометрической оптики. Оптическая длина пути. Принцип Ферма. Показатель преломления.

1.2. Физическая оптика.

Электромагнитные колебания и волны. Волновой вектор. Вектор Умова-Пойнтинга. Уравнения Максвелла. Диэлектрическая и магнитная проницаемости, их связь с показателем преломления. Понятие о дисперсии света.

1.3. Метаматериалы.

Понятие метаматериала. Гипотеза Веселаго. Отрицательный показатель преломления. Способы создания метаматериалов. Разновидности метаматериалов. Области применения, перспективы.

Раздел 2. Фотонные кристаллы. Плазмоника.

2.1. Фотонные кристаллы.

Понятия фотонного кристалла, фотонной запрещенной зоны. Аналогия с зонной теорией твердых тел. Природные и искусственные фотонные кристаллы. Одно-, двух- и трехмерные фотонные кристаллы. Области применения, перспективы. Способы получения.

2.2. Численное решение уравнений Максвелла.

Метод конечных разностей во временной области (FDTD). Исходные данные,

начальные и граничные условия. Временная и координатная сетка. Условие сходимости. Использование метода FDTD для моделирования фотонных кристаллов.

2.3. Плазмоника.

Понятие квазичастицы. Поляритоны, плазмоны. Поверхностная электромагнитная волна (ПЭВ). Явления поверхностного и локализованного плазмонного резонанса. Способы возбуждения поверхностной плазмон-поляритонной волны. Затухание ПЭВ. Области применения, перспективы. Оптическая поверхностно-плазмонная микроскопия.

Раздел 3. Интерференционные и дифракционные явления.

3.1. Оптические явления в тонких пленках.

Интерференция. Принцип сложения колебаний и волн. Понятие когерентности. Интерференционная картина. Интерференция при отражении от тонких пленок. Просветление оптики.

3.2. Дифракция.

Понятие дифракции. Принцип Гюйгенса-Френеля. Дифракционная картина. Дифракция Френеля, дифракция Фраунгофера. Дифракция на различных препятствиях. Дифракционные решетки. Разрешающая способность оптических приборов. Критерий Рэлея.

3.3. Рассеяние света.

Вида рассеяния. Рассеяние Рэлея. Формула Рэлея. Эффект Тиндаля. Применение рассеяния в измерительной технике: ультрамикроскопия, нефелометрия. Рассеяние Ми.

Раздел 4. Элементы квантовой оптики наноструктур.

4.1. Оптические ловушки.

Давление света. Оптические ловушки: описание методами физической и квантовой оптики. Применение оптических ловушек.

4.2. Квантовый размерный эффект.

Квантовые ямы, квантовые нити, квантовые точки. Метод эффективной массы.

4.3. Оптические свойства полупроводниковых наноструктур.

Понятие об экситонах. Способы формирования полупроводниковых наноструктур. Применение в оптоэлектронике.

5. СООТВЕТСТВИЕ СОДЕРЖАНИЯ ТРЕБОВАНИЙ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

№	В результате освоения дисциплины студент должен:		Раздел 1	Раздел 2	Раздел 3	Раздел 4
	Знать:					
1	–	законы взаимодействия оптического излучения с нанообъектами	+	+	+	+
2	–	основные аномалии оптических свойств наноструктур	+	+	+	+
3	–	способы получения наноструктур с заданными оптическими свойствами, их области применения и перспективы	+	+	+	+
	Уметь:					
4	–	рассчитывать и определять экспериментально оптические параметры нанообъектов и наноструктурированных материалов	+	+	+	+
	Владеть: (перечень из п.2)					
5	–	методами математического моделирования процесса взаимодействия оптического излучения с наноструктурами	+	+	+	+
6	–	современными инструментальными методами исследования перспективных наноматериалов	+	+	+	+
В результате освоения дисциплины студент должен приобрести следующие компетенции и индикаторы их достижения:						
	Код и наименование ПК	Код и наименование индикатора достижения ПК				
7	ПК-2. Готов к анализу и систематизации научно-технической информации по теме исследования, выбору методик и средств решения задачи, анализу результатов и их интерпретации	ПК-2.1 Знает теорию эксперимента в области своей профессиональной деятельности и методики анализа явлений и процессов	+	+	+	+
		ПК-2.2 Умеет применять информационно-коммуникационные технологии для сбора, структурирования и анализа информации и программно-информационные комплексы для проведения научно-исследовательских работ	+	+	+	+
		ПК-2.3 Владеет навыками проведения информационного поиска и обработки научно-технической информации	+	+	+	+

8	ПК-3. Способен к анализу технологических процессов с целью повышения показателей энерго- и ресурсосбережения	ПК-3.2 Умеет использовать модели для описания и прогнозирования параметров технологических процессов	+	+	+	+
9	ПК-4. Способен применять расчётно-теоретические методы для обработки измерений параметров, изучения и модификации свойств наноматериалов и наноструктур с использованием современной вычислительной техники	ПК-4.1 Знает физико-химические характеристики различных видов наноматериалов и наноструктур и основные методы их исследования и измерения параметров	+	+	+	+
		ПК-4.2 Умеет использовать расчётно-теоретические методы для изучения свойств наноматериалов и наноструктур и процессов с их участием	+	+	+	+
10	ПК-5. Способен осуществлять анализ научных основ процессов и технологий производства нанопроductии, проводить измерения и контролировать параметры технологических операций	ПК-5.1 Знает физико-химические основы процессов и технологий nanoиндустрии	+	+	+	+

6. ПРАКТИЧЕСКИЕ И ЛАБОРАТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ

6.1. Практические занятия

№ п/п	№ раздела дисциплины	Темы практических занятий	Часы
1	1.1, 1.2	Основные законы геометрической оптики. Уравнения Максвелла	2
2	1.3	Метаматериалы	2
3	2.1, 2.2	Фотонные кристаллы. Метод численного решения уравнений Максвелла	2
4	2.3	Плазмонный резонанс. Плазмоника	2
5	3.1	Интерференция. Оптические явления в тонких пленках. Просветление оптики	2
6	3.2, 3.3	Дифракция на различных объектах. Рассеяние света малыми частицами	2
7	4.1	Оптические ловушки. Давление света	2
8	4.2, 4.3	Квантовые ямы, квантовые нити, квантовые точки. Полупроводниковые наноструктуры	2
9	1.1 – 4.3	Подведение итогов	1

6.2. Лабораторные занятия

Лабораторные занятия по дисциплине не предусмотрены.

7. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА

Самостоятельная работа проводится с целью углубления знаний по дисциплине и предусматривает:

- ознакомление и проработку рекомендованной литературы, работу с электронно-библиотечными системами, включая переводы публикаций из научных журналов, цитируемых в базах Scopus, Web of Science, Chemical Abstracts, РИНЦ;
- посещение отраслевых выставок и семинаров;
- участие в семинарах РХТУ им. И. Менделеева по тематике дисциплины;
- подготовку к выполнению контрольных работ по материалу лекционного курса;
- подготовку к сдаче *зачета с оценкой* по дисциплине.

Планирование времени на самостоятельную работу, необходимого на изучение дисциплины, студентам лучше всего осуществлять на весь период изучения, предусматривая при этом регулярное повторение пройденного материала. Материал, законспектированный на лекциях, необходимо регулярно дополнять сведениями из литературных источников, представленных в учебной программе. При работе с указанными источниками рекомендуется составлять краткий конспект материала, с обязательным фиксированием библиографических данных источника.

8. ПРИМЕРЫ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Совокупная оценка по дисциплине складывается из оценок за выполнение контрольных работ (максимальная оценка 40 баллов), реферативно-аналитической работы (максимальная оценка 20 баллов) и оценки на зачете.

8.1. Примерная тематика реферативно-аналитической работы

Задание на реферативно-аналитическую работу представляет собой тему, в соответствии с которой обучающийся должен выполнить обзор литературных источников и представить его в форме письменной работы. Максимальная оценка – 20 баллов.

Примеры тем реферативно-аналитической работы

1. Оптические свойства наночастиц оксида магния.
2. Использование явления локализованного плазмонного резонанса для создания наноклапанов.
3. Оптические методы исследования наноструктурированного аэросила.

8.2. Примеры контрольных вопросов для текущего контроля освоения дисциплины

Для текущего контроля предусмотрено 4 контрольных работы.

Пример вопроса к контрольной работе № 1. Контрольная работа содержит 5 вопросов, по 2 балла за вопрос.

5. Оптически прозрачный материал содержит в своей структуре непрозрачные сферические включения, расположенные пространственно регулярно. При каком(их) диаметре(ах) включений материал может считаться оптически однородным для излучения с частотой 3 ТГц:

- ☐ 1 см;
- ☐ 1 мм;
- ☐ 1 мкм;
- ☐ 1 нм

Пример вопроса к контрольной работе № 2. Контрольная работа содержит 5 вопросов, по 2 балла за вопрос.

2. Решение уравнений Максвелла методом конечных разностей во временной области позволяет определить:

- ☐ распределение напряженности электрического поля в пространстве;
- ☐ распределение напряженности магнитного поля в пространстве;
- ☐ изменение напряженности электрического поля во времени;
- ☐ изменение напряженности магнитного поля во времени

Пример вопроса к контрольной работе № 3. Контрольная работа содержит 5 вопросов, по 2 балла за вопрос.

1. Упругое рассеяние частиц, размер которой сравним с длиной волны падающего света, называется:

- ☐ комбинационным рассеянием;
- ☐ рассеянием Ми;
- ☐ рассеянием Рэлея;
- ☐ рассеянием Мандельштама – Бриллюэна

Пример вопроса к контрольной работе № 4. Контрольная работа содержит 5 вопросов, по 2 балла за вопрос.

4. Экситон – это:

- ☐ квант упругих колебаний;
- ☐ квант колебаний плотности свободных электронов металла;
- ☐ электронное возбуждение, не связанное с переносом электрического заряда и массы;
- ☐ квант электромагнитных колебаний

8.3. Вопросы для итогового контроля освоения дисциплины (3 семестр – зачёт с оценкой)

Форма проведения итогового контроля освоения дисциплины – устный опрос (в рамках зачёта с оценкой). Максимальное количество баллов за устный опрос – 40 баллов. На устном опросе студенту предлагается ответить на два теоретических вопроса из разных разделов дисциплины. Максимальная оценка за каждый теоретический вопрос – 20 баллов.

1. Основные законы геометрической оптики. Принцип Ферма.
2. Электромагнитные колебания и волны. Волновой вектор. Вектор Умова-Пойнтинга.
3. Уравнения Максвелла.
4. Диэлектрическая и магнитная проницаемости, их связь с показателем преломления.
5. Метаматериалы с отрицательным показателем преломления.
6. Способы создания, разновидности, области применения метаматериалов.
7. Фотонные кристаллы, их виды. Фотонная запрещенная зона.
8. Области применения и способы получения фотонных кристаллов.
9. Метод конечных разностей во временной области.
10. Применение метода FDTD для моделирования фотонных кристаллов.
11. Поверхностная плазмон-поляритонная волна. Конфигурация Отто, конфигурация Кречмана.
12. Оптическая поверхностно-плазмонная микроскопия.
13. Явление интерференции.
14. Интерференция при отражении от тонких пленок. Просветление оптики.
15. Явление дифракции.
16. Дифракционные решетки. Разрешающая способность, критерий Рэлея.
17. Рассеяние света. Вида рассеяния. Рассеяние Рэлея, эффект Тиндаля. Ультрамикроскопия, нефелометрия.
18. Рассеяние Ми.
19. Оптические ловушки. Описание методами физической оптики.
20. Оптические ловушки. Описание методами квантовой оптики.
21. Квантовый размерный эффект. Квантовые ямы.
22. Квантовый размерный эффект. Квантовые нити.
23. Квантовый размерный эффект. Квантовые точки.
24. Экситоны.

Фонд оценочных средств приведен в виде отдельного документа, являющегося неотъемлемой частью основной образовательной программы.

8.4. Структура и пример билета для зачёта с оценкой

Зачёт с оценкой по дисциплине «Оптические явления в наноструктурах» проводится в 3 семестре и включает контрольные вопросы по всем разделам рабочей программы дисциплины. Билет для зачёта с оценкой состоит из 2 вопросов, относящихся к различным разделам.

Пример билета для зачёта с оценкой:

"Утверждаю"
Зав. каф. КХТП
Глебов М.Б.

«__» _____ 20__ г.

Министерство науки и высшего образования РФ
Российский химико-технологический университет им. Д.И. Менделеева
Кафедра кибернетики химико-технологических процессов
28.04.02 Наноинженерия
Магистерская программа –
«Материалы и технологии наноинженерии»

ОПТИЧЕСКИЕ ЯВЛЕНИЯ В НАНОСТРУКТУРАХ

БИЛЕТ № 1

1. Уравнения Максвелла.
2. Рассеяние света. Вида рассеяния. Рассеяние Рэлея, эффект Тиндаля. Ультрамикроскопия, нефелометрия.

9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

9.1. Рекомендуемая литература

А. Основная литература

1. Курс общей физики: в 4 т./ И.В. Савельев; под общ. ред. В.И. Савельева. М.: «КноРус». 2009.

Б. Дополнительная литература

1. Трофимова Т.И. Курс физики: учеб. пособие для вузов. Изд. 17-е, стер, М.: Издательский центр «Академия», 2008. 560 с.
2. Новотный Лукас, Хехт Берт. Основы нанооптики./ Под ред. В. В. Самарцева. М. ФИЗМАТЛИТ, 2009. 484 с.
3. Воробьев Л.Е., Ивченко Е.Л., Фирсов Д.А., Шалыгин В.А. Оптические свойства наноструктур: учеб. пособие/Под ред. Е.Л.Ивченко и Л.Е.Воробьева. Спб. Наука, 2001. 188 с.
4. Наноматериалы, наноструктуры, нанотехнологии. / А. И. Гусев. М. : «Физматлит», 2009. 414 с.
5. Борен К., Хафмен Д. Поглощение и рассеяние света малыми частицами. М.: Мир, 1986. 664 с.
6. Веселаго В.Г. Электродинамика материалов с отрицательными коэффициентами преломления (сессия 26.03.03), 2003, Т.173, № 7, С. 790.
7. Pendry J.B., Smith D.R.//Physics Today. 2004, V.57, № 6, P.37-43.
8. Дегтяренко Н.Н., Каргин Н.И. Введение в физику и моделирование фотонных кристаллов: учебное пособие. М.: НИЯУ МИФИ, 2012. 148 с.
9. Майер С.А. Плазмоника: теория и приложения. М. Ижевск: НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика», 2011. 296 с.
10. Розенберг, Г.В. Оптика тонкослойных покрытий / Г.В. Розенберг. М. : Гос. изд-во физ.-мат. лит., 1958. 570 с.
11. Кашкаров П.К., Тимошенко В.Ю. Оптика твердого тела и систем пониженной размерности /П.К.Кашкаров, В.Ю.Тимошенко /М.: Физический факультет МГУ, 2009. 190 с.

9.2. Рекомендуемые источники научно-технической информации

- Раздаточный иллюстративный материал к лекциям.

- Презентации к лекциям.

Научно-технические журналы:

- Журнал «Нано- и микросистемная техника». ISSN 1813-8586.
- Журнал «Наносистемы: физика, химия, математика». ISSN: 2220-8054.
- Журнал «Journal of nanomaterials». ISSN: 1687-4110.
- Журнал «Journal of computational and theoretical nanoscience». ISSN: 1546-1955.
- Журнал «Physics Today». ISSN: 0031-9228.
- Журнал «Journal of Nonlinear Optical Physics & Materials». ISSN: 0218-8635.
- Журнал «Optical Materials». ISSN: 0925-3467.
- Журнал «Optical Materials Express». ISSN: 2159-3930.
- Журнал «Optics & Laser Technology». ISSN: 0030-3992.

Ресурсы информационно–телекоммуникационной сети Интернет:

- <http://www.nanometer.ru>
- <http://laser-portal.ru>

9.3. Средства обеспечения освоения дисциплины

Для реализации рабочей программы подготовлены следующие средства обеспечения освоения дисциплины:

- компьютерные презентации интерактивных лекций – 8, (общее число слайдов – 150);
- банк тестовых заданий для текущего контроля освоения дисциплины (общее число вопросов – 48);
- банк билетов для зачёта с оценкой (общее число билетов – 30).

При использовании электронного обучения и дистанционных образовательных технологий занятия полностью или частично проводятся в режиме онлайн. При этом данный список дополняется следующим разделом:

- тематическая группа в социальной сети Вконтакте, доступ к групповым чатам (Discord), к вебинарам (Zoom, Discord, MSteams), групповой электронной почте, онлайн-конференции в Zoom, Skype.

10. ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНОМ ПРОЦЕССЕ

Информационную поддержку изучения дисциплины осуществляет Информационно-библиотечный центр (ИБЦ) РХТУ им. Д.И. Менделеева, который обеспечивает обучающихся основной учебной, учебно-методической и научной литературой, необходимой для организации образовательного процесса по дисциплине. Общий объем многоотраслевого фонда ИБЦ на 01.01.2025 составляет 1 563 142 экз.

Фонд ИБЦ располагает учебной, учебно-методической и научно-технической литературой в форме печатных и электронных изданий, а также включает официальные, справочно-библиографические, специализированные отечественные и зарубежные периодические и информационные издания. ИБЦ обеспечивает доступ к профессиональным базам данных, информационным, справочным и поисковым системам.

Каждый обучающийся обеспечен свободным доступом из любой точки, в которой имеется доступ к сети Интернет и к электронно-библиотечной системе (ЭБС) Университета, которая содержит различные издания по основным изучаемым

дисциплинам и сформирована по согласованию с правообладателями учебной и учебно-методической литературы.

Для более полного и оперативного справочно-библиографического и информационного обслуживания в ИБЦ реализована технология Электронной доставки документов.

Полный перечень электронных информационных ресурсов, используемых в процессе обучения, представлен в основной образовательной программе.

11. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

В соответствии с учебным планом занятия по дисциплине «*Оптические явления в наноструктурах*» проводятся в форме лекций и практических занятий, а также самостоятельной работы обучающегося.

11.1. Оборудование, необходимое в образовательном процессе:

Учебная аудитория для проведения лекций и практических занятий вместимостью не менее 15 человек, оборудованная электронными средствами демонстрации (компьютер со средствами звуковоспроизведения, проектор, экран) и учебной мебелью. Компьютерный класс, насчитывающий не менее 10 посадочных мест, с предустановленным лицензионным программным обеспечением (Windows, Microsoft Excel) и выходом в Интернет для выполнения практических работ.

Библиотека, имеющая рабочие компьютерные места для студентов, оснащённые компьютерами с доступом к базам данных и выходом в Интернет.

11.2. Учебно-наглядные пособия:

Учебные пособия по дисциплине. Электронный раздаточный материал к разделам практических занятий. Обеспеченность современными учебными пособиями, выпущенными преподавателями кафедры КХТП для магистров, высокая. Ко всем научным изданиям и учебным пособиям, выпущенным через РИО РХТУ им. Д.И. Менделеева, имеется доступ через фонды информационно-библиотечного фонда. Кроме того, большинство дисциплин, преподаваемых на кафедре, имеют развернутую информационно-образовательную и информационно-методическую поддержку, к ресурсам в сети Интернет.

11.3. Компьютеры, информационно-телекоммуникационные сети, аппаратно-программные и аудиовизуальные средства:

На кафедре КХТП для проведения занятий по дисциплине имеются персональные компьютеры с предустановленным стандартным и специализированным лицензионным программным обеспечением, приведенным в разделе 11.5. При необходимости использования аудиовизуального материала на лекциях на кафедре имеются проектор и настенный экран, а также звуковые колонки. Все компьютеры объединены в единую локальную сеть и имеют доступ к глобальной сети Интернет.

11.4. Печатные и электронные образовательные и информационные ресурсы:

На кафедре КХТП используются информационно-методические материалы: инструкции по технике безопасности в компьютерном классе; методические рекомендации к практическим и лабораторным занятиям; учебные пособия; электронные учебные пособия; кафедральные библиотеки электронных изданий; учебно-методические разработки кафедры в электронном виде; раздаточный материал к разделам дисциплины; справочные материалы.

На кафедре КХТП используются электронные образовательные ресурсы: электронные презентации к разделам лекционного курса; электронные конспекты лекций; учебно-методические разработки в электронном виде; демонстрационные программы;

специализированное программное обеспечение; справочные материалы в электронном виде.

11.5. Перечень лицензионного программного обеспечения

№	Наименование программного продукта	Реквизиты договора поставки	Количество лицензий	Срок окончания действия лицензии
1	WINDOWS 8.1 Professional Get Genuine	Контракт № 62-64ЭА/2013 от 02.12.2013	24 лицензии для активации на рабочих станциях	бессрочная
2	Micosoft Office Standard 2013	Контракт № 62-64ЭА/2013 от 02.12.2013	24 лицензии для активации на рабочих станциях	бессрочная

12. ТРЕБОВАНИЯ К ОЦЕНКЕ КАЧЕСТВА ОСВОЕНИЯ ПРОГРАММЫ

Наименование разделов	Основные показатели оценки	Формы и методы контроля и оценки
Раздел 1. Введение. Метаматериалы.	<i>Знает:</i> – законы взаимодействия оптического излучения с нанообъектами; – основные аномалии оптический свойств наноструктур; – способы получения наноструктур с заданными оптическими свойствами, их области применения и перспективы. <i>Умеет:</i> – рассчитывать и определять экспериментально оптические параметры нанообъектов и наноструктурированных материалов. <i>Владеет:</i> – современными инструментальными методами исследования перспективных наноматериалов.	Оценка за контрольную работу № 1 Оценка за реферативно-аналитическую работу Оценка на зачете
Раздел 2. Фотонные кристаллы. Плазмоника.	<i>Знает:</i> – законы взаимодействия оптического излучения с нанообъектами; – основные аномалии оптический свойств наноструктур; – способы получения наноструктур с заданными оптическими свойствами, их области применения и перспективы. <i>Умеет:</i> – рассчитывать и определять экспериментально оптические параметры нанообъектов и наноструктурированных материалов. <i>Владеет:</i> – методами математического моделирования	Оценка за контрольную работу № 2 Оценка за реферативно-аналитическую работу Оценка на зачете

	процесса взаимодействия оптического излучения с наноструктурами; – современными инструментальными методами исследования перспективных наноматериалов.	
Раздел 3. Интерференционные и дифракционные явления.	<i>Знает:</i> – законы взаимодействия оптического излучения с нанообъектами; – основные аномалии оптических свойств наноструктур; – способы получения наноструктур с заданными оптическими свойствами, их области применения и перспективы. <i>Умеет:</i> – рассчитывать и определять экспериментально оптические параметры нанообъектов и наноструктурированных материалов. <i>Владеет:</i> – современными инструментальными методами исследования перспективных наноматериалов.	Оценка за контрольную работу №№ 3 Оценка за реферативно-аналитическую работу Оценка на зачете
Раздел 4. Элементы квантовой оптики наноструктур.	<i>Знает:</i> – законы взаимодействия оптического излучения с нанообъектами; – основные аномалии оптических свойств наноструктур; – способы получения наноструктур с заданными оптическими свойствами, их области применения и перспективы. <i>Умеет:</i> – рассчитывать и определять экспериментально оптические параметры нанообъектов и наноструктурированных материалов. <i>Владеет:</i> – современными инструментальными методами исследования перспективных наноматериалов.	Оценка за контрольную работу №№ 4 Оценка за реферативно-аналитическую работу Оценка на зачете

13. ОСОБЕННОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ДЛЯ ИНВАЛИДОВ И ЛИЦ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ

Обучение инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья осуществляется в соответствии с:

– Порядком организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры (Приказ Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 06.04.2021 № 245);

– Положением о порядке организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования – программам

бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева», принятым решением Ученого совета РХТУ им. Д.И. Менделеева от 28.12.2022, протокол № 5;

– Методическими рекомендациями по организации образовательного процесса для обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья в образовательных организациях высшего образования, в том числе оснащенности образовательного процесса (утверждены заместителем Министра образования и науки РФ А.А. Климовым от 08.04.2014 № АК-44/05вн).

Дополнения и изменения к рабочей программе дисциплины
«Оптические явления в наноструктурах»
основной образовательной программы
 28.04.02 Наноинженерия
 Магистерская программа
 «Материалы и технологии наноинженерии»

Форма обучения: очная

Номер изменения/ дополнения	Содержание дополнения/изменения	Основание внесения изменения/дополнения
1.		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.
2.		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.
3.		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.
		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.
		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.

**Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Российский химико-технологический университет
имени Д.И. Менделеева»**

«УТВЕРЖДЕНО»

на заседании Ученого совета

РХТУ им. Д.И. Менделеева

протокол № 30 от «30» июня 2025 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

**«Основы создания нанообъектов и наноструктурированных
материалов»**

**Направление подготовки
28.04.02 Наноинженерия**

**Магистерская программа
«Материалы и технологии наноинженерии»**

Квалификация «магистр»

Москва 2025

Программа составлена: профессором кафедры химического и фармацевтического инжиниринга, д.т.н., доцентом М.Г. Гордиенко

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры химического и фармацевтического инжиниринга «05» мая 2025 г., протокол № 6.

1. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

Программа составлена в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования – магистратура по направлению подготовки **28.04.02 Наноинженерия** (ФГОС ВО), накопленным опытом преподавания дисциплины кафедрой **Химического и фармацевтического инжиниринга** РХТУ им. Д.И. Менделеева. Программа рассчитана на изучение дисциплины в течение одного семестра.

Дисциплина **«Основы создания нанобъектов и наноструктурированных материалов»** относится к части, формируемой участниками образовательных отношений, Блока 1 «Дисциплины (модули)» учебного плана. Программа дисциплины предполагает, что обучающиеся имеют теоретическую и практическую подготовку в области коллоидной химии, физической химии, материаловедения, математического моделирования.

Цель дисциплины «Основы создания нанобъектов и наноструктурированных материалов» - формирование у студентов представления об основах создания нанобъектов и наноструктурированных материалов, с учетом термодинамических явлений, возникающих на границе раздела фаз, методов и способов стабилизации коллоидных систем, явлений самоорганизации, диффузии и агрегации нанобъектов в коллоидных системах. Отдельно студенты знакомятся с математическими законами, описывающими процессы зарождения и роста нанобъектов, формирования и стабилизации самоорганизующихся систем, поведение коллоидов.

Задачи дисциплины:

- обучение магистрантов теоретическим основам и методам получения нанобъектов и наноструктурированных материалов с учетом процессов и явлений, происходящих на границе раздела фаз;
- обучение магистрантов термодинамическим основам таких явлений, как плавление нанофазы и ее растворение, зарождение и рост кристалла, диффузия и агрегация, смачивание и др.;
- обучение магистрантов практическим навыкам прогнозирования поведения наносистем в зависимости от размера дисперсной фазы и условий среды;
- обучение магистрантов практическим навыкам решения задач в предметной области;
- ознакомление магистрантов с основами поведения коллоидных систем.

Дисциплина **«Основы создания нанобъектов и наноструктурированных материалов»** преподаётся в 3 семестре и заканчивается экзаменом. Контроль успеваемости студентов ведется по принятой в университете рейтинговой системе.

Рабочая программа дисциплины может быть реализована с применением электронных образовательных технологий и электронного обучения полностью или частично.

2. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Изучение дисциплины **«Основы создания нанобъектов и наноструктурированных материалов»** при подготовке магистров по направлению подготовки **28.04.02 Наноинженерия**, магистерская программа – «Материалы и технологии наноинженерии» направлено на приобретение следующих профессиональных компетенций и индикаторов их достижения:

Задача профессиональной деятельности	Объект или область знания	Код и наименование ПК	Код и наименование индикатора достижения ПК	Основание (профессиональный стандарт, анализ опыта) Обобщенные трудовые функции
Тип задач профессиональной деятельности: научно-исследовательский и инновационный				
Выполнение фундаментальных и прикладных работ поискового, теоретического и экспериментального характера с целью определения технических характеристик новой техники, а также комплекса работ по разработке технологической документации.	– Химическое, химико-технологическое производство – Сквозные виды профессиональной деятельности в промышленности (в сфере организации и проведения научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ в области химического и химико-технологического производства).	ПК-1 Способен формулировать научно-исследовательские задачи в области реализации энерго- и ресурсосбережения и решать их	ПК-1.3 Владеет приемами обработки, анализа, интерпретации и представления результатов эксперимента, навыками подготовки научно-технических отчетов	Профессиональный стандарт 40.011 «Специалист по научно-исследовательским и опытно-конструкторским разработкам», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 04.03.2014 № 121 н, Обобщенная трудовая функция С. Проведение научно-исследовательских и опытно-конструкторских разработок. С /01.6. Осуществление научного руководства проведением исследований по отдельным задачам (уровень квалификации – 6)

Задача профессиональной деятельности	Объект или область знания	Код и наименование ПК	Код и наименование индикатора достижения ПК	Основание (профессиональный стандарт, анализ опыта) Обобщенные трудовые функции
Выполнение фундаментальных и прикладных работ поискового, теоретического и экспериментального характера с целью определения технических характеристик новой техники, а также комплекса работ по разработке технологической документации	– Химическое, химико-технологическое производство – Сквозные виды профессиональной деятельности в промышленности (в сфере организации и проведения научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ в области химического и химико-технологического производства).	ПК-2. Готов к анализу и систематизации научно-технической информации по теме исследования, выбору методик и средств решения задачи, анализу результатов и их интерпретации	ПК-2.1 Знает теорию эксперимента в области своей профессиональной деятельности и методики анализа явлений и процессов	Профессиональный стандарт «Специалист по научно-исследовательским и опытно-конструкторским разработкам», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 04.03.2014 № 121 н, Обобщенная трудовая функция С. Проведение научно-исследовательских и опытно-конструкторских разработок. С /01.6. Осуществление научного руководства проведением исследований по отдельным задачам (уровень квалификации – 6)
			ПК-2.2 Умеет применять информационно-коммуникационные технологии для сбора, структурирования и анализа информации и программно-информационные комплексы для проведения научно-исследовательских работ	

Задача профессиональной деятельности	Объект или область знания	Код и наименование ПК	Код и наименование индикатора достижения ПК	Основание (профессиональный стандарт, анализ опыта) Обобщенные трудовые функции
Выполнение фундаментальных и прикладных работ поискового, теоретического и экспериментального характера с целью определения технических характеристик новой техники, а также комплекса работ по разработке технологической документации.	– Химическое, химико-технологическое производство – Сквозные виды профессиональной деятельности в промышленности (в сфере организации и проведения научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ в области химического и химико-технологического производства).	ПК-3 Способен к анализу технологических процессов наноиндустрии	ПК-3.2 Умеет использовать модели для описания и прогнозирования параметров технологических процессов	
– Планирование и проведение теоретических и экспериментальных исследований в области инженерных нанотехнологий с целью совершенствования	– Методы исследований, испытаний, диагностики и контроля качества наноматериалов, полуфабрикатов и изделий на их основе.	ПК-4 Способен применять расчётно-теоретические методы для обработки измерений параметров, изучения и модификации свойств наноматериалов и наноструктур	ПК-4.1 Знает физико-химические характеристики различных видов наноматериалов и наноструктур и основные методы их исследования и измерения параметров	Профессиональный стандарт 40.104 «Специалист по измерению параметров и модификации свойств наноматериалов и наноструктур», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 08.09.2015 № 611н. Обобщенная трудовая функция D: Руководство

Задача профессиональной деятельности	Объект или область знания	Код и наименование ПК	Код и наименование индикатора достижения ПК	Основание (профессиональный стандарт, анализ опыта) Обобщенные трудовые функции
объектов профессиональной деятельности, обоснования их технических характеристик, определения условий их применения и эксплуатации. – Участие в составе коллектива в работах по решению инновационных проблем нанотехнологий	– Наноматериалы, процессы нанотехнологий и методы нанодиагностики для химии, фармацевтики, биотехнологии, энергетики, научных исследований и других областей техники.	использованием современной вычислительной техники	ПК-4.2 Умеет использовать расчётно-теоретические методы для изучения свойств наноматериалов и наноструктур и процессов с их участием ПК-4.3 Владеет навыками обработки измерений параметров и модификации свойств наноматериалов и наноструктур	подразделениями по измерениям параметров и модификации свойств наноматериалов и наноструктур. D/01.7: Организация и контроль процессов измерений параметров и модификации свойств наноматериалов и наноструктур (уровень квалификации – 7)
– планирование и проведение теоретических и экспериментальных исследований в области инженерных нанотехнологий с целью совершенствования объектов	– методы исследований, испытаний, диагностики и контроля качества наноматериалов, полуфабрикатов и изделий на их основе;	ПК-5 Способен осуществлять анализ научных основ процессов и технологий производства нанопродукции, проводить измерения и контролировать параметры	ПК-5.1 Знает физико-химические основы процессов и технологий нанотехнологий	Профессиональный стандарт 40.004 «Специалист в области технологического обеспечения полного цикла производства объемных нанометаллов, сплавов, композитов на их основе и изделий из них», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от

Задача профессиональной деятельности	Объект или область знания	Код и наименование ПК	Код и наименование индикатора достижения ПК	Основание (профессиональный стандарт, анализ опыта) Обобщенные трудовые функции
профессиональной деятельности, обоснования их технических характеристик, определения условий их применения и эксплуатации; – участие в составе коллектива в работах по решению инновационных проблем наноинженерии – от идеи, фундаментальных и прикладных исследований до создания промышленных изделий	– наноматериалы, процессы нанотехнологий и методы нанодиагностики для химии, фармацевтики, биотехнологии, энергетики, научных исследований и других областей техники	технологических операций	ПК-5.2 Умеет измерять и контролировать параметры технологических операций процессов производства нанопroduкции	03.02.2014 № 72н. С: Процессы жизненного цикла продукции (уровень квалификации – 7) Профессиональный стандарт 40.020 «Специалист в области технологического обеспечения полного цикла производства объемных нанокерамик, соединений, композитов на их основе и изделий из них», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 11.04.2014 № 234н. С: Процессы жизненного цикла продукции (уровень квалификации – 7)
			ПК-5.3 Владеет навыками анализа научных основ нанопроцессов, наносистем и нанотехнологий	

В результате изучения дисциплины студент должен:

Знать:

- термодинамические основы синтеза нанобъектов, наноструктурированных коллоидных систем и нанокомпозитов;
- влияние размера нанобъектов и нанофазы на их свойства;
- принципы и методы стабилизации коллоидных наносистем и наноструктурированных жидкостей;
- коллоидные основы синтеза нанобъектов;
- понятие и классификацию поверхностно-активных веществ, принципы явления самоорганизации нанобъектов и их применения для синтеза наноструктурированных материалов;
- основы поведения коллоидных систем;
- особенности диффузии и агрегации нанобъектов в коллоидных системах.

Уметь:

- выбирать методы синтеза нанобъектов и наноструктурированных материалов в зависимости от требуемых задач;
- регулировать свойства наноматериалов с учетом термодинамических законов;
- математически описывать явления, протекающие на микроуровне при синтезе нанобъектов и наноструктурированных материалов;
- выбирать методы стабилизации коллоидных систем и наноструктурированных жидкостей.

Владеть:

- понятийным аппаратом и основами термодинамики для описания явлений на границе раздела фаз;
- математическим аппаратом, применяемым для описания в наносистемах явлений зарождения, роста, агрегации, агломерации, а также стабилизации таких систем.

3. ОБЪЁМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ

Виды учебной работы	ЗЕ	Акад. ч.	Астр. ч.
Общая трудоемкость дисциплины по учебному плану	6	216	162
Контактная работа (КР):	2,36	85	63,75
Лекции (Лек)	0,47	17	12,75
Лабораторные занятия (Лаб)	0,94	34	25,5
Практические занятия (ПЗ)	0,94	34	25,5
Самостоятельная работа (СР):	2,64	95	71,25
Самостоятельное изучение разделов дисциплины	2,64	95	71,25
Вид контроля:	Экзамен		
Экзамен	1	36	27

4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1 Разделы дисциплины и виды занятий для магистрантов

№	Раздел дисциплины	Акад. часов				
		Всего	Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия	Самостоятельная работа
	Введение	0,5	0,5	-	-	-
1.	Раздел 1. Термодинамические явления на границе раздела фаз	27	2	5	5	15
2.	Раздел 2. Стабилизация дисперсных систем, наноструктурированные жидкости	31	3	6	6	16
3.	Раздел 3. Синтез наноразмерных объектов	31	3	6	6	16
4.	Раздел 4. Поверхностно-активные вещества, явления самоорганизации и применение ПАВ для получения наноструктурированных материалов	31	3	6	6	16
5.	Раздел 5. Поведение коллоидных систем	30	3	5,5	5,5	16
6.	Раздел 6. Явления диффузии и агрегации нанообъектов в коллоидных системах	29	2	5,5	5,5	16
	Заключение	0,5	0,5	0	0	0
	ИТОГО	180	17	34	34	95
	Экзамен	36				
	ИТОГО	216				

4.2 Содержание разделов дисциплины

Введение. Предмет и методы изучаемой дисциплины. Цели и задачи дисциплины. Описание основных разделов дисциплины. Структура дисциплины и правила рейтинговой системы.

Раздел 1. Термодинамические явления на границе раздела фаз

В рамках данного раздела рассматриваются термодинамические основы явлений, возникающих на границе раздела основной и нанофазы, зависимости между размерами нанобъектов и их свойствами, зародышеобразование и рост кристалла, энергия Гиббса для капиллярных систем, основы статической термодинамики.

Раздел 2. Стабилизация дисперсных систем, наноструктурированные жидкости

В рамках данного раздела рассматриваются основы коллоидной химии, в том числе теорию ДЛВО и основы стабилизации коллоидных систем ПАВ-ми. Изучаются такие методы стабилизации наночастиц, как покрытие их лигандами, включая фосфолипиды и ПАВ, химическая модификация поверхности. Дополнительно рассматриваются методы измерения и оценки степени агрегации нанобъектов.

Раздел 3. Синтез наноразмерных объектов

В рамках данного раздела обучаемые знакомятся с методами получения наночастиц. Подробно рассматриваются явления зародышеобразования, роста, включая их математическое описание. Также рассмотрены способы контроля формы получаемых нанобъектов: нанокристаллов и наночастиц.

Раздел 4. Поверхностно-активные вещества, явления самоорганизации и применение ПАВ для получения наноструктурированных материалов

В рамках данного раздела обучаемые знакомятся с видами ПАВ, стабилизаторов и блочных со-полимеров, используемых при синтезе нанобъектов. Рассматриваются явления адсорбции и самоорганизации на границе раздела фаз, методы стабилизации наномульсий, нанопен, и твердых нанодисперсий.

Раздел 5. Поведение коллоидных систем

В данном разделе обучаемые знакомятся с поведением коллоидных систем, коллоидных и жидких кристаллов, поведением двойных и тройных систем, включающих ПАВ или амфифильные блочные со-полимеры. Отдельно рассматривается поведение фаз в микроэмульсиях.

Раздел 6. Явления диффузии и агрегации нанобъектов в коллоидных системах

В данном разделе рассматриваются термодинамические основы явлений диффузии и агрегации, различные способы оценки коэффициента диффузии в наносистемах.

Заключение. Подведение итогов дисциплины.

5 СООТВЕТСТВИЕ СОДЕРЖАНИЯ ТРЕБОВАНИЯМ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

№	В результате освоения дисциплины студент должен:	Раздел 1	Раздел 2	Раздел 3	Раздел 4	Раздел 5	Раздел 6
	Знать:						
1	термодинамические основы синтеза нанобъектов, наноструктурированных коллоидных систем и нанокомпозитов	+	+	+	+	+	+
2	влияние размера нанобъектов и нанофазы на их свойства	+	+	+			+
3	принципы и методы стабилизации коллоидных		+		+	+	

№	В результате освоения дисциплины студент должен:	Раздел 1	Раздел 2	Раздел 3	Раздел 4	Раздел 5	Раздел 6
	наносистем и наноструктурированных жидкостей						
4	коллоидные основы синтеза нанообъектов	+	+	+	+	+	+
5	понятие и классификацию поверхностно-активных веществ, принципы явления самоорганизации нанообъектов и их применения для синтеза наноструктурированных материалов		+		+	+	
6	основы поведения коллоидных систем		+		+	+	
	Уметь:						
7	выбирать методы синтеза нанообъектов и наноструктурированных материалов в зависимости от требуемых задач			+	+	+	+
8	регулировать свойства наноматериалов с учетом термодинамических законов	+	+	+	+	+	+
9	математически описывать явления, протекающие на микроуровне при синтезе нанообъектов и наноструктурированных материалов	+	+	+	+	+	+
10	выбирать методы стабилизации коллоидных систем и наноструктурированных жидкостей		+		+	+	
	Владеть:						
11	понятийным аппаратом и основами термодинамики для описания явлений на границе раздела фаз	+	+		+	+	+
12	математическим аппаратом, применяемым для описания в наносистемах явлений зарождения, роста, агрегации, агломерации, а также стабилизации таких систем		+		+	+	+
В результате освоения дисциплины студент должен приобрести следующие профессиональные компетенции и индикаторы их достижения:							
13	Код и наименование ПК	Код и наименование индикатора достижения ПК					
14	ПК-1 Способен формулировать научно-исследовательские задачи в области реализации энерго- и ресурсосбережения и решать их	ПК-1.3 Владеет приемами обработки, анализа, интерпретации и представления результатов эксперимента, навыками подготовки научно-технических отчетов		+	+	+	+
15	ПК-2. Готов к анализу и систематизации научно-технической информации по теме исследования, выбору методик и средств решения задачи, анализу результатов и их интерпретации	ПК-2.1 Знает теорию эксперимента в области своей профессиональной деятельности и методики анализа явлений и процессов		+	+	+	+
16	ПК-2. Готов к анализу и систематизации научно-технической информации по	ПК-2.2 Умеет применять информационно-коммуникационные			+	+	+

№	В результате освоения дисциплины студент должен:		Раздел 1	Раздел 2	Раздел 3	Раздел 4	Раздел 5	Раздел 6
	теме исследования, выбору методик и средств решения задачи, анализу результатов и их интерпретации	технологии для сбора, структурирования и анализа информации и программно-информационные комплексы для проведения научно-исследовательских работ.						
17	ПК-3 Способен к анализу технологических процессов наноиндустрии	ПК-3.2 Умеет использовать модели для описания и прогнозирования параметров технологических процессов		+	+	+	+	+
18	ПК-4 Способен применять расчётно-теоретические методы для обработки измерений параметров, изучения и модификации свойств наноматериалов и наноструктур с использованием современной вычислительной техники	ПК-4.1 Знает физико-химические характеристики различных видов наноматериалов и наноструктур и основные методы их исследования и измерения параметров	+	+	+	+	+	+
19	ПК-4 Способен применять расчётно-теоретические методы для обработки измерений параметров, изучения и модификации свойств наноматериалов и наноструктур с использованием современной вычислительной техники	ПК-4.2 Умеет использовать расчётно-теоретические методы для изучения свойств наноматериалов и наноструктур и процессов с их участием	+	+	+	+	+	+
20	ПК-4 Способен применять расчётно-теоретические методы для обработки измерений параметров, изучения и модификации свойств наноматериалов и наноструктур с использованием современной вычислительной техники	ПК-4.3 Владеет навыками обработки измерений параметров и модификации свойств наноматериалов и наноструктур	+	+	+	+	+	+
21	ПК-5 Способен осуществлять анализ	ПК-5.1 Знает физико-химические основы	+	+	+	+	+	+

№	В результате освоения дисциплины студент должен:		Раздел 1	Раздел 2	Раздел 3	Раздел 4	Раздел 5	Раздел 6
	научных основ процессов и технологий производства нанопродукции, проводить измерения и контролировать параметры технологических операций	процессов и технологий наноиндустрии						
22	ПК-5 Способен осуществлять анализ научных основ процессов и технологий производства нанопродукции, проводить измерения и контролировать параметры технологических операций	ПК-5.2 Умеет измерять и контролировать параметры технологических операций процессов производства нанопродукции		+	+	+	+	+
23	ПК-5 Способен осуществлять анализ научных основ процессов и технологий производства нанопродукции, проводить измерения и контролировать параметры технологических операций	ПК-5.3 Владеет навыками анализа научных основ нанопроцессов, наносистем и нанотехнологий	+	+	+	+	+	+

6 ПРАКТИЧЕСКИЕ И ЛАБОРАТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ

6.1 Практические занятия

Предусмотрены практические занятия в объёме 34 акад. ч.

№	№ раздела дисциплины	Темы практических занятий	Часы
1	1	Расчет энергии Гиббса. Определение значения температуры плавления. Расчет растворимости нанопазы в рассматриваемой системе.	3
2	1	Расчет показателя растекаемости и краевого угла смачиваемости.	2
3	2	Расчет энергии взаимодействия наночастиц в коллоидных растворах.	6
4	3	Расчет критического размера частиц при зародышеобразовании.	3
5	3	Расчет химического потенциала в перенасыщенных растворах.	3
6	4	Расчет константы мицеллообразования и параметра упаковки.	6
7	5	Расчет предельного размера капель масла в воде. Определение отношения площади границы раздела фаз к объему, занимаемому нанопазой.	5,5
8	6	Расчет времени коагуляции и среднего размера	5,5

	агломерата.	
ИТОГО		34

6.2 Лабораторные работы

Лабораторный практикум по дисциплине «*Основы создания нанообъектов и наноструктурированных материалов*» выполняется в соответствии с Учебным планом в 3 семестре и занимает 34 акад ч (25,5 астр. ч). Лабораторные работы охватывают все разделы дисциплины. В практикум входит 8 работ. В зависимости от трудоёмкости включенных в практикум работ их число может быть уменьшено. Выполнение лабораторного практикума способствует закреплению материала, изучаемого в дисциплине «*Основы создания нанообъектов и наноструктурированных материалов*», а также способствует наработке практических навыков компьютерного моделирования процессов химической технологии и биотехнологии.

Максимальное количество баллов за выполнение лабораторного практикума составляет 40 баллов (максимально по 5 баллов за каждую работу). Количество работ и баллов за каждую работу может быть изменено в зависимости от их трудоемкости.

№	№ раздела дисциплины	Темы лабораторных работ	Часы
1	1	Изучение влияние размеров нанопазы/нанообъекта на такие физико-химические свойства как точка плавления, растворимость нанопазы/нанообъекта	5
2	1	Изучение влияния физико-химических свойств нанопазы/нанообъекта на смачиваемость, растекаемость и угол контакта фаз	
3	2	Изучение зависимости потенциальной энергии взаимодействия от расстояния между коллоидными частицами в соответствии с теорией ДАВО. Условия стабилизации системы	6
4	3	Изучение явления зародышеобразования в растворах. Изучение влияния параметров на рост кристаллов в растворах	6
5	3	Изучение кинетики реакции в микрореакторах с применением трех моделей обмена веществом между мицеллами	
6	4	Изучение кинетики адсорбции ПАВ на границе раздела фаз	6
7	5	Расчет и построение фазовых диаграмм бинарных и тройных систем	5,5
8	6	Изучение явлений диффузии и агрегации в наносистемах	5,5
	ИТОГО		34

Лабораторная работа №1

Для заданного чистого вещества построить зависимости молярной энергии Гиббса для твердой, жидкой фаз и диспергированных частиц от температуры при условии, что давление среды постоянно. Средний размер наночастиц принять равным значениям из таблицы. Из условия равновесия химических потенциалов фаз определить температуры плавления диспергированных наночастиц и монолитной твердой фазы. Построить зависимость температуры плавления диспергированных наночастиц от их среднего размера. Сделать выводы о влиянии среднего размера частиц на изменения температуры плавления.

Для сферических наночастиц построить функцию изменения растворимости от среднего размера наночастиц при разных значениях поверхностного натяжения. Сделать выводы о том, как влияют размер частиц и поверхностное натяжение на границе раздела фаз на растворимость частиц.

Лабораторная работа №2

По заданным физико-химическим параметрам системы твердое-жидкость-пар определить угол смачиваемости, коэффициент смачиваемости и провести ранжирование систем по степени смачиваемости поверхности жидкостью. Сделать выводы как физико-химические свойства веществ влияют на смачиваемость гладкой поверхности заданного материала определенной жидкостью.

Основываясь на модельных представлениях Вензеля и Касье-Бакстера построить зависимости контактного угла от значений шероховатости поверхности. Объяснить «эффект лотоса».

Лабораторная работа №3

Основываясь на теории ДЛФО рассчитать изменение потенциальной энергии взаимодействия, предварительно рассчитав изменение ее составляющих, как функции расстояния между частицами. Рассмотреть два варианта: длинный и короткий дебаевский радиус. Отобразить расчеты графически. Рассчитать, как изменится потенциальная энергия поверхности при стабилизации наночастиц лигандами при заданном значении толщины поверхностного слоя. Сделать выводы.

Лабораторная работа №4

По входным данным, приведенным в таблице рассчитать, как размер частицы влияет на свободную энергию зародышеобразования. Отобразить полученные данные графически. Рассчитать и отобразить графически влияние степени пересыщения раствора мономера и температуры на движущую силу процесса зародышеобразования (разницу химических потенциалов мономера в растворе и кристалла). Сделать выводы о влиянии условий на процесс зародышеобразования. Рассчитать снижение энергетического барьера при гетерогенном зародышеобразовании.

По входным данным, приведенным в таблице, рассчитать, как критический размер частицы влияет на скорость роста кристалла. Построить графическую зависимость и выделить на ней разные режимы роста кристаллов. Дополнительно ответить на вопрос, какие параметры процесса кристаллизации влияют на форму образующегося кристалла.

Лабораторная работа №5

По входным данным, описывающим эмульсию рассчитать концентрационные профили веществ при протекании химической реакции для трех случаев:

1. При контакте мицелл происходит переход только 1 молекулы растворенных веществ в клетку с меньшей концентрацией;
2. Перемешивание происходит по принципу «слияние-разделение», т.е. концентрация растворимых веществ в мицеллах выравнивается мгновенно;
3. При контакте мицелл между ними формируется канал обмена, характеризующейся константой обмена, равной произведению числа молекул вещества в мицелле с более высоким содержанием данного вещества на псевдослучайное число, лежащее в диапазоне от 0 до 0.5.

По результатам оформить отчет. Сделать выводы о влиянии используемой модели на форму концентрационных профилей. Для каких случаев какая модель обмена подходит лучше?

Лабораторная работа №6

Построение зависимости величины адсорбции Γ от концентрации вещества и температуры. Сделать выводы.

Для приведенных молекул по табличным значениям определить значения гидрофильно-липофильного баланса (ГЛБ) и сделать вывод к какому классу ПАВ принадлежат молекулы.

Лабораторная работа №7

Построение фазовых диаграмм для раствора заданного полимера А, для смеси полимеров А и Б, для тройной системы из двух полимеров А и Б и растворителя, основываясь на положениях теории Флори-Хаггинса. Дать описание построенных фазовых диаграмм.

Лабораторная работа №8

Используя клеточно-автоматный подход смоделировать рост кластера для следующих случаев:

- а) агрегация, ограниченная диффузией; единственный центр роста кластера;
- б) агрегация, ограниченная диффузией; 10 центров роста кластеров (случайное расположение);
- в) агрегация, ограниченная скоростью реакции (вероятность реакции принять равной 0,25, 0,5 и 0,75); единственный центр роста кластера;
- г) агрегация, ограниченная скоростью реакции (вероятность реакции принять равной 0,25, 0,5 и 0,75); 10 центров роста кластера;

Для построенных кластеров определить их фрактальную размерность, сделать выводы о влиянии вида модели и параметров модели на получаемую структуру кластера.

7 САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА

Рабочей программой дисциплины предусмотрена самостоятельная работа студента в объеме 95 акад. часов. Самостоятельная работа проводится с целью углубления знаний по дисциплине и предусматривает:

- регулярную проработку пройденного на лекциях и практических занятиях учебного материала;
- подготовку к лабораторным работам;
- выполнение домашних работ согласно индивидуальному заданию;
- ознакомление и проработку рекомендованной литературы.

Домашние работы представляют собой набор вопросов по темам лекционных и практических занятий, направленных на проработку и закрепление навыков, а также оценку знаний. Каждая домашняя работа включает 3 вопроса. Ответы предполагаются в развернутой форме, объемом от $\frac{3}{4}$ до 1 страницы машинописного текста (кегель 14, одинарный междустрочный интервал). Ответы могут содержать поясняющие рисунки и схемы, выполненные как от руки, так и компьютерными средствами.

Планирование времени на самостоятельную работу, необходимую для изучения дисциплины, студентам лучше всего осуществлять на весь период изучения, предусматривая при этом регулярное повторение пройденного материала. Материал, законспектированный на лекциях, необходимо регулярно дополнять сведениями из литературных источников, представленных в рабочей программе. При работе с указанными источниками рекомендуется составлять краткий конспект материала, с обязательным фиксированием библиографических данных источника.

8 ПРИМЕРЫ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

8.1 Примерная тематика реферативно-аналитической работы

Реферативно-аналитическая работа не предусмотрена.

8.2 Примеры контрольных вопросов для текущего контроля освоения дисциплины

Текущий контроль освоения дисциплины проходит в форме написания и защиты домашних работ. Максимальная оценка составляет 10 баллов за каждую домашнюю

работу. Домашняя работа №1 охватывает 1-3 разделы дисциплины. Домашняя работа №2 охватывает 4-6 разделы дисциплины.

Примеры домашних работ

Домашняя работа № 1

Задание 1

Рассмотрите равновесные состояния системы иммобилизованных на твердой подложке биомолекул при ее погружении в водный раствор электролита (см. рисунок). Выразите в общем виде изменение энергии Гиббса в представленном цикле, приняв допущение, что биомолекула может находиться в зависимости от концентрации электролита только в двух конформациях: конформации А или конформации В.

Переход из конформации А в конформацию В может быть записан в форме обратимой реакции: $A + jC \leftrightarrow B$.

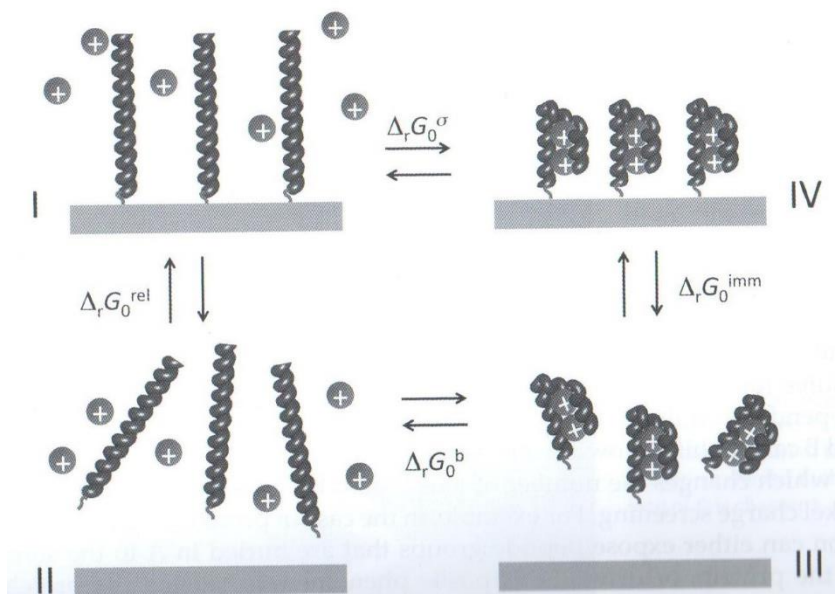


Рисунок к вопросу 1

Задание 2

К методам анализа степени агрегации наночастиц относят следующие методы: динамическое рассеяние света; турбидиметрия; электрофорез в геле; ультрацентрифугирование; колометрия.

Для каждого метода кратко поясните принцип измерения при анализе агломератов наночастиц.

Задание 3

На рисунке представлены кристаллы оксида цинка, полученные кристаллизацией из раствора при добавлении разных объемов уксусной кислоты.

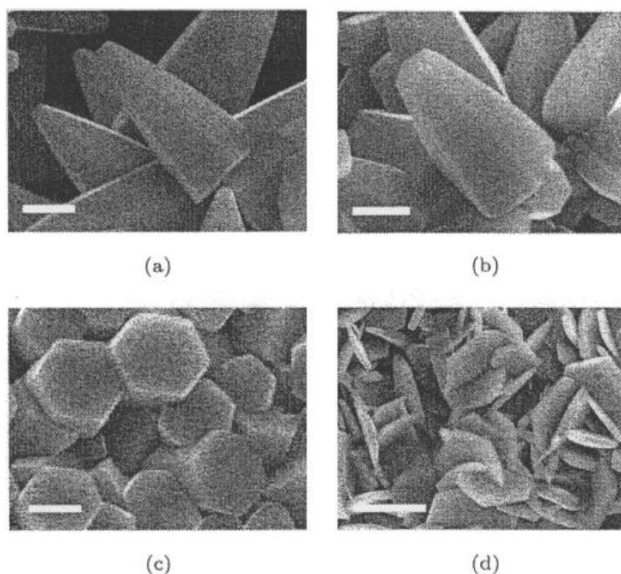


Рисунок к вопросу 3 (количества введенной уксусной кислоты увеличивается от (а) к (d))
Объясните причины изменения формы кристаллов.

Домашняя работа № 2

Задание 1

Самостоятельно изучите такие системы, как магнитные наносuspensions или магнитные жидкости. Что они из себя представляют и как формируются? Какую роль играют ПАВ при формировании магнитных наносuspensions? Как меняется величина магнитной восприимчивости в зависимости от объемной концентрации магнитных наночастиц? Чем обусловлено ограничение размера наночастиц, используемых в магнитных жидкостях?

Задание 2

Одним из методов формирования материалов на основе диоксида кремния, имеющих поры как мезо- так и макро-размеров, является проведение гелеобразования в среде двух несмешивающихся фаз (эмульсии). В ходе эксперимента было проведено исследование влияния соотношения водной фазы / ПАВ / масляной фазы на параметры получаемой пористой структуры. В качестве водной фазы использовались вода и водный силикат натрия (жидкое стекло, ЖС), масса которых во всех экспериментах была одинаковой (20 и 3 г соответственно); в качестве масляной фазы – н-парафины (н-П), масса которых варьировалась от 10 до 30 г с шагом в 10 г; в качестве поверхностно-активного вещества, стабилизирующего эмульсию и оказывающего дополнительный эффект на структурообразование, был взят додецилсульфат натрия (ДДСН), масса которого варьировалась от 1 до 3 г с шагом 1 г. Гелеобразование проводили в кислых условиях путем добавления к образцам 6 г концентрированного раствора соляной кислоты и выдерживания в течение 24 ч при температуре 100 С. Образцы промывали раствором соляной кислоты и этилового спирта, взятых в равных объемах, сушили при комнатной температуре и прокаливали при температуре 500 С. На рисунке приведены изображения образцов, полученные методом растровой электронной микроскопии.

Объясните причины изменения структуры материала с ростом:
а – количества вводимого н-парафина; б – количества вводимого ДДСН.

МФ, г	Количество ПАВ, г		
	1	2	3

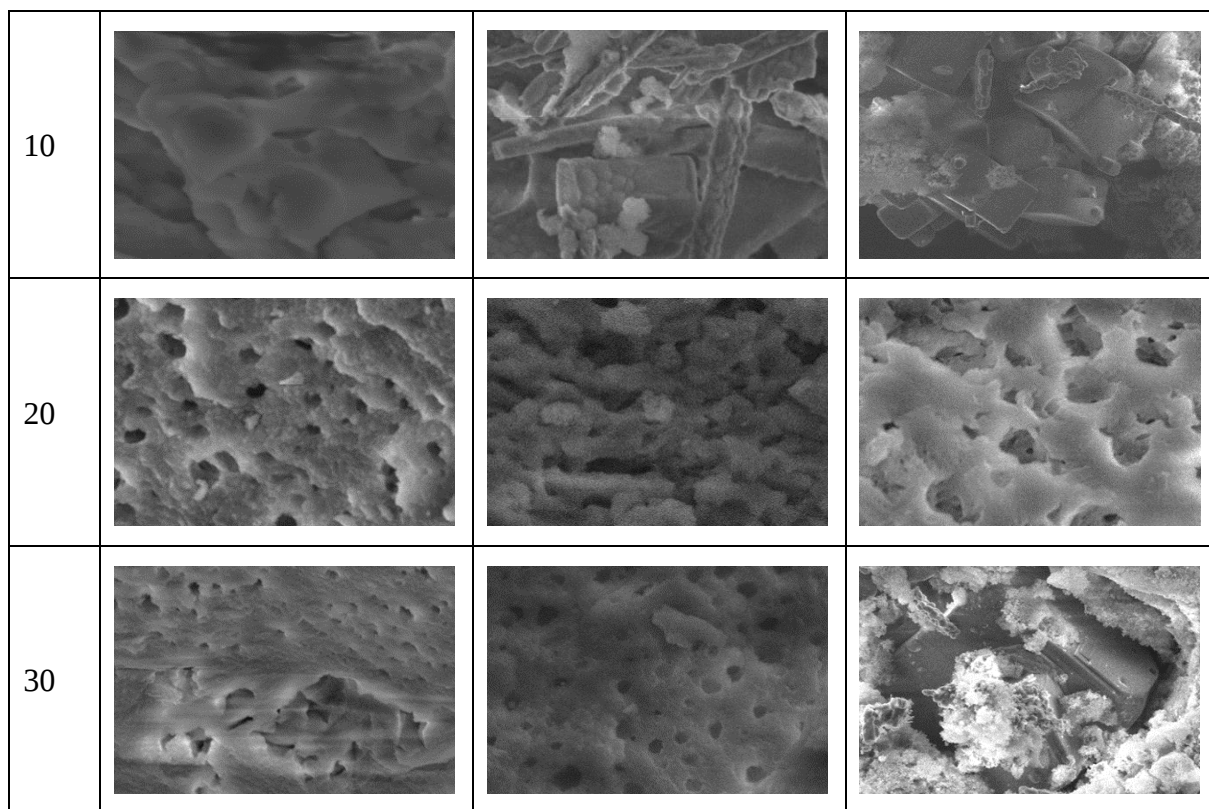


Рисунок к вопросу 2

Задание 3

На рисунке ниже приведены ТЭМ-изображения наночастиц Pd в коллоидном растворе, при условии формирования разного поверхностного заряда на частицах.

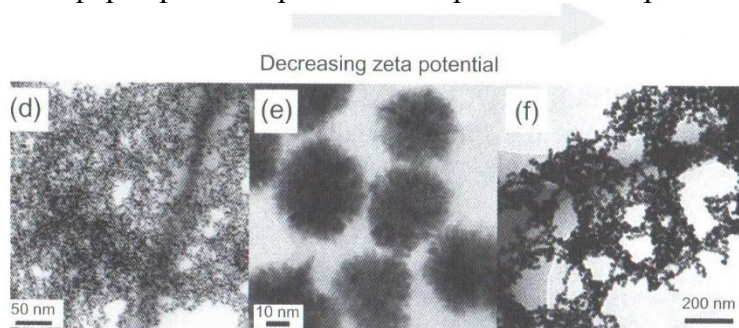


Рисунок к вопросу 3

Проанализируйте, что происходит при изменении поверхностного заряда частиц? Как зависит механизм агрегации от поверхностного заряда? Какое влияние на представленные системы окажет повышение температуры, разбавление системы растворителем, введение ПАВ, способствующего снижению поверхностного заряда частиц?

8.3 Вопросы для итогового контроля освоения дисциплины (экзамен, 3 семестр)

Экзамен по дисциплине включает контрольные вопросы и задания по всем разделам рабочей программы дисциплины. Билет включает 2 вопроса, оцениваемых по 20 баллов каждый.

Максимальная оценка – 40 баллов.

Примеры вопросов для итогового контроля освоения дисциплины:

1. Термодинамические законы для системы с границей раздела фаз.
2. Влияние размера частиц нанопазы на температуру плавления и растворимость.

3. Краевой угол смачиваемости, показатель растекаемости. Супергидрофобные свойства наноматериалов.
4. Принципы и методы стабилизации коллоидных наносистем и наноструктурированных жидкостей.
5. Описание процесса зародышеобразования (гомогенное и гетерогенное) и роста кристаллов.
6. Влияние степени пересыщения раствора, температуры системы. Определение критических размеров кристалла.
7. Регулирование размера и формы кристалла.
8. Основные положения теории ДЛФО.
9. Понятие и классификация поверхностно-активных веществ. Гидрофильно-липофильный баланс.
10. Адсорбция ПАВ на границе двух несмешивающихся жидкостей. Адсорбция ПАВ на границе твердое-жидкость-газ.
11. Фазовые равновесия в растворах, их стабилизация. Микроэмульсии.
12. Понятия коллоидных и жидких кристаллов.
13. Явления диффузии и агрегации при получении наноматериалов.
14. Теория Смолуховского.
15. Агломерация, ограниченная диффузией. Агломерация, ограниченная реакцией. Фрактальная агломерация.

Фонд оценочных средств приведен в виде отдельного документа, являющегося неотъемлемой частью основной образовательной программы.

8.4 Структура и пример билетов для экзамена

Экзамен по дисциплине **«Основы создания нанобъектов и наноструктурированных материалов»** проводится в 3 семестре и включает контрольные вопросы по всем разделам рабочей программы дисциплины. Билет для экзамена состоит из 2 вопросов, относящихся к указанным разделам: 1 вопрос по разделам 1-3, 2 вопрос – по разделам 4-6. Ответы на вопросы экзамена оцениваются из максимальной оценки 40 баллов по 20 баллов за вопрос.

Пример билета для экзамена:

<i>«Утверждаю»</i> <i>зав. кафедрой ХФИ</i> _____ (Должность, наименование кафедры) _____ Н.В. Меньшутина (Подпись) (И. О. Фамилия) «__» _____ 20__ г.	Министерство науки и высшего образования РФ Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева Кафедра химического и фармацевтического инжиниринга 28.04.02 Наноинженерия Магистерская программа – «Материалы и технологии наноинженерии» Дисциплина «Основы создания нанобъектов и наноструктурированных материалов» Билет № 1
---	--

1. Влияние размера частиц нанофазы на температуру плавления и растворимость.
2. Понятия коллоидных и жидких кристаллов.

9 УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

9.1 Рекомендуемая литература

А) Основная литература:

1. **Поленов, Ю. В.** Физико-химические основы нанотехнологий : учебник / Ю. В. Поленов, Е. В. Егорова. — Санкт-Петербург : Лань, 2019. — 180 с. — ISBN 978-5-8114-4113-6. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/125699> (дата обращения: 01.03.2025). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

2. **Плетнев, М. Ю.** Технология эмульсий. Гидрофильно-липофильный баланс и обращение фаз : учебное пособие / М. Ю. Плетнев. — 2-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2020. — 100 с. — ISBN 978-5-8114-4777-0. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/126719> (дата обращения: 01.03.2025). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

3. **Шабатина, Т. И.** Нанохимия и наноматериалы : учебное пособие / Т. И. Шабатина, А. М. Голубев. — Москва : МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2014. — 63 с. — ISBN 978-5-7038-3965-2. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/58569> (дата обращения: 01.03.2025). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

Б) Дополнительная литература:

1. **Юртов, Е. В.** Процессы получения наночастиц и наноматериалов [Текст] : учебно-методический комплекс / Е.В. Юртов. М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2010. 152 с.

2. **Сергеев, Г. Б.** Нанохимия [Текст] / Г.Б. Сергеев. М. : Изд-во МГУ, 2003. 288 с.

9.2 Рекомендуемые источники научно-технической информации

- Презентации к лекциям.
- Методические рекомендации по выполнению лабораторных работ.
- Научно-технические журналы:
 - Ж. «Современные наукоемкие технологии» ISSN 1812-7320;
 - Ж. «Нанотехнологии в строительстве: научный интернет-журнал» ISSN 2075-8545;
 - Ж. «Российские нанотехнологии» ISSN 1995-0780;
 - Ж. «Нанотехнологии и охрана здоровья» ISSN 2076-4804;
 - Ж. «Нанотехника» ISSN 1816-4498;
 - Ж. «Инновации» ISSN 2071-3010;
 - Ж. «Наноиндустрия» ISSN 1933-8578.

9.3 Средства обеспечения освоения дисциплины

Учебно-методические материалы на сайте кафедры кибернетики химико-технологических процессов. При проведении расчетов и оформлении отчетов в рамках лабораторных работ используется пакет Microsoft Office, лицензированная версия которого установлена на персональных компьютерах РХТУ им. Д.И. Менделеева. В рамках лабораторных работ используется оборудование Центра коллективного пользования РХТУ им. Д.И. Менделеева.

При использовании электронного обучения и дистанционных образовательных технологий занятия полностью или частично проводятся в режиме онлайн.

10 ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНОМ ПРОЦЕССЕ

Информационную поддержку изучения дисциплины осуществляет Информационно-библиотечный центр (ИБЦ) РХТУ им. Д.И. Менделеева, который обеспечивает обучающихся основной учебной, учебно-методической и научной литературой, необходимой для организации образовательного процесса по дисциплине. Общий объем многоотраслевого фонда ИБЦ на 01.01.2025 составляет 1 563 142 экз.

Фонд ИБЦ располагает учебной, учебно-методической и научно-технической литературой в форме печатных и электронных изданий, а также включает официальные, справочно-библиографические, специализированные отечественные и зарубежные периодические и информационные издания. ИБЦ обеспечивает доступ к профессиональным базам данных, информационным, справочным и поисковым системам.

Каждый обучающийся обеспечен свободным доступом из любой точки, в которой имеется доступ к сети Интернет и к электронно-библиотечной системе (ЭБС) Университета, которая содержит различные издания по основным изучаемым дисциплинам и сформирована по согласованию с правообладателями учебной и учебно-методической литературы.

Для более полного и оперативного справочно-библиографического и информационного обслуживания в ИБЦ реализована технология Электронной доставки документов.

Полный перечень электронных информационных ресурсов, используемых в процессе обучения, представлен в основной образовательной программе.

11 МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

В соответствии с учебным планом занятия проводятся в форме лекций, лабораторных, практических занятий и самостоятельной работы студента.

11.1 Оборудование, необходимое в образовательном процессе

Для изучения дисциплины ***«Основы создания нанообъектов и наноструктурированных материалов»*** имеется лекционная учебная аудитория, оборудованная электронными средствами демонстрации (компьютер со средствами звуковоспроизведения, проектор, экран) и учебной мебелью; учебная аудитория для проведения практических занятий, оборудованная электронными средствами демонстрации; библиотека, имеющая рабочие компьютерные места для магистрантов, оснащенные компьютерами с доступом к базам данных и выходом в Интернет.

11.2 Учебно-наглядные пособия

По дисциплине ***«Основы создания нанообъектов и наноструктурированных материалов»*** доступны учебные материалы. Доступны комплексы лабораторных работ и требования к отчетам, варианты заданий, руководство по выполнению работ.

Организован доступ к свободно распространяемым образовательным порталам и сайтам для использования информационно-справочных ресурсов. Магистры могут использовать данные электронные ресурсы для самостоятельной подготовки, а в последующем – при выполнении научно-исследовательской работы и написания выпускной квалификационной работы.

11.3 Компьютеры, информационно-телекоммуникационные сети, аппаратно-программные и аудиовизуальные средства:

Персональные компьютеры, укомплектованные проигрывателями CD и DVD, принтерами и программными средствами, проекторы, экраны; аудитории со стационарными комплексами отображения информации с любого электронного носителя; WEB-камеры; цифровой фотоаппарат; копировальные аппараты; локальная сеть с выходом в Интернет.

11.4 Печатные и электронные образовательные и информационные ресурсы

Информационно-методические материалы: учебные пособия по дисциплинам части, формируемой участниками образовательных отношений, программы; методические рекомендации к практическим занятиям; каталоги типов и видов продукции из неметаллических материалов; каталоги продукции промышленных предприятий; раздаточный материал к лекционным курсам; учебные фильмы по процессам технологии и способам производства отдельных видов изделий; электронные учебные издания по дисциплинам части, формируемой участниками образовательных отношений, научно-популярные электронные издания.

Обеспеченность современными учебными пособиями, выпущенными преподавателями кафедры химического и фармацевтического инжиниринга для магистрантов, довольно высокая. Ко всем научным изданиям и учебным пособиям, выпущенным через РИО РХТУ им. Д.И. Менделеева, имеется доступ через фонды информационно-библиотечного фонда. Кроме того, большинство дисциплин, преподаваемых на кафедре, имеют развернутую информационно-образовательную и информационно-методическую поддержку, к ресурсам в сети Интернет.

11.5 Перечень лицензионного программного обеспечения

№ п/п	Наименование программного продукта	Реквизиты договора поставки	Количество лицензий	Срок окончания действия лицензии
1.	WINDOWS 8.1 Professional Get Genuine	Контракт № 62- 64ЭА/2013 от 02.12.2013	24 лицензии для активации на рабочих станциях	бессрочная
2.	Microsoft Office Standard 2019 В составе: • Word • Excel • Power Point • Outlook	Контракт №175- 262ЭА/2019 от 30.12.2019	150 лицензий для активации на рабочих станциях	12 месяцев (ежегодное продление подписки с правом перехода на обновлённую версию продукта)
3.	Kaspersky Endpoint Security для бизнеса – Стандартный Russian Edition	Договор № 99-155ЭА- 223/2024	-	12 месяцев (ежегодное продление подписки с правом

				перехода на обновлённую версию продукта)
--	--	--	--	--

12 ТРЕБОВАНИЯ К ОЦЕНКЕ КАЧЕСТВА ОСВОЕНИЯ ПРОГРАММ

Наименование разделов	Основные показатели оценки	Формы и методы контроля и оценки
Раздел 1. Термодинамические явления на границе раздела фаз	Знает: термодинамические основы синтеза нанобъектов, наноструктурированных коллоидных систем и нанокомпозитов; влияние размера нанобъектов и нанофазы на их свойства; коллоидные основы синтеза нанобъектов; Умеет: регулировать свойства наноматериалов с учетом термодинамических законов; математически описывать явления, протекающие на микроуровне при синтезе нанобъектов и наноструктурированных материалов; Владеет: понятийным аппаратом и основами термодинамики для описания явлений на границе раздела фаз;	Оценка за лабораторные работы № 1 и 2. Оценка за ДР № 1. Оценка на Экзамене.
Раздел 2. Стабилизация дисперсных систем, наноструктурированные жидкости	Знает: термодинамические основы синтеза нанобъектов, наноструктурированных коллоидных систем и нанокомпозитов; влияние размера нанобъектов и нанофазы на их свойства; принципы и методы стабилизации коллоидных наносистем и наноструктурированных жидкостей; коллоидные основы синтеза нанобъектов; понятие и классификацию поверхностно-активных веществ, принципы явления самоорганизации нанобъектов и их применения для синтеза наноструктурированных материалов; основы поведения коллоидных систем Умеет: регулировать свойства наноматериалов с учетом термодинамических законов; математически описывать явления, протекающие на микроуровне при синтезе нанобъектов и наноструктурированных материалов; выбирать методы стабилизации коллоидных систем и наноструктурированных жидкостей Владеет: понятийным аппаратом и основами термодинамики для описания явлений на	Оценка за лабораторную работу № 3. Оценка за ДР № 1. Оценка на экзамене.

Наименование разделов	Основные показатели оценки	Формы и методы контроля и оценки
	границе раздела фаз; математическим аппаратом, применяемым для описания в наносистемах явлений зарождения, роста, агрегации, агломерации, а также стабилизации таких систем	
Раздел 3. Синтез наноразмерных объектов	Знает: термодинамические основы синтеза нанобъектов, наноструктурированных коллоидных систем и нанокомпозитов; влияние размера нанобъектов и нанофазы на их свойства; коллоидные основы синтеза нанобъектов; Умеет: выбирать методы синтеза нанобъектов и наноструктурированных материалов в зависимости от требуемых задач; регулировать свойства наноматериалов с учетом термодинамических законов; математически описывать явления, протекающие на микроуровне при синтезе нанобъектов и наноструктурированных материалов;	Оценка за лабораторную работу № 4, 5. Оценка за ДР № 1. Оценка на экзамене.
Раздел 4. Поверхностно-активные вещества, явления самоорганизации и применение ПАВ для получения наноструктурированных материалов	Знает: термодинамические основы синтеза нанобъектов, наноструктурированных коллоидных систем и нанокомпозитов; принципы и методы стабилизации коллоидных наносистем и наноструктурированных жидкостей; коллоидные основы синтеза нанобъектов; понятие и классификацию поверхностно-активных веществ, принципы явления самоорганизации нанобъектов и их применения для синтеза наноструктурированных материалов; основы поведения коллоидных систем Умеет: выбирать методы синтеза нанобъектов и наноструктурированных материалов в зависимости от требуемых задач; регулировать свойства наноматериалов с учетом термодинамических законов; математически описывать явления, протекающие на микроуровне при синтезе нанобъектов и наноструктурированных материалов; выбирать методы стабилизации коллоидных систем и наноструктурированных жидкостей Владеет: понятийным аппаратом и основами термодинамики для описания явлений на границе раздела фаз; математическим аппаратом, применяемым для описания в наносистемах явлений зарождения, роста, агрегации, агломерации, а также стабилизации	Оценка за лабораторную работу 6. Оценка за ДР № 2. Оценка на экзамене.

Наименование разделов	Основные показатели оценки	Формы и методы контроля и оценки
	таких систем	
Раздел 5. Поведение коллоидных систем	Знает: термодинамические основы синтеза нанобъектов, наноструктурированных коллоидных систем и нанокомпозитов; принципы и методы стабилизации коллоидных наносистем и наноструктурированных жидкостей; коллоидные основы синтеза нанобъектов; понятие и классификацию поверхностно-активных веществ, принципы явления самоорганизации нанобъектов и их применения для синтеза наноструктурированных материалов; основы поведения коллоидных систем Умеет: выбирать методы синтеза нанобъектов и наноструктурированных материалов в зависимости от требуемых задач; регулировать свойства наноматериалов с учетом термодинамических законов; математически описывать явления, протекающие на микроуровне при синтезе нанобъектов и наноструктурированных материалов; выбирать методы стабилизации коллоидных систем и наноструктурированных жидкостей Владеет: понятийным аппаратом и основами термодинамики для описания явлений на границе раздела фаз; математическим аппаратом, применяемым для описания в наносистемах явлений зарождения, роста, агрегации, агломерации, а также стабилизации таких систем	Оценка за лабораторную работу № 7. Оценка за ДР № 2. Оценка на экзамене.
Раздел 6. Явления диффузии и агрегации нанобъектов в коллоидных системах	Знает: термодинамические основы синтеза нанобъектов, наноструктурированных коллоидных систем и нанокомпозитов; влияние размера нанобъектов и нанофазы на их свойства; коллоидные основы синтеза нанобъектов; выбирать методы синтеза нанобъектов и наноструктурированных материалов в зависимости от требуемых задач; Умеет: регулировать свойства наноматериалов с учетом термодинамических законов; математически описывать явления, протекающие на микроуровне при синтезе нанобъектов и наноструктурированных материалов; Владеет: понятийным аппаратом и основами термодинамики для описания явлений на границе раздела фаз; математическим аппаратом, применяемым для описания в	Оценка за лабораторную работу № 8. Оценка за ДР № 2. Оценка на экзамене.

Наименование разделов	Основные показатели оценки	Формы и методы контроля и оценки
	наносистемах явлений зарождения, роста, агрегации, агломерации, а также стабилизации таких систем	

13 ОСОБЕННОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ДЛЯ ИНВАЛИДОВ И ЛИЦ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ

Обучение инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья осуществляется в соответствии с:

- Порядком организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры (Приказ Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 06.04.2021 № 245);

- Положением о порядке организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева», принятым решением Ученого совета РХТУ им. Д.И. Менделеева от 28.12.2022, протокол № 5;

- Методическими рекомендациями по организации образовательного процесса для обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья в образовательных организациях высшего образования, в том числе оснащённости образовательного процесса (утверждены заместителем Министра образования и науки РФ А.А. Климовым от 08.04.2014 № АК-44/05вн).

Дополнения и изменения к рабочей программе дисциплины
«Основы создания нанообъектов и наноструктурированных материалов»
основной образовательной программы
 28.04.02 Наноинженерия
 магистерская программа
 «Материалы и технологии наноинженерии»
 Форма обучения: очная

Номер изменения/ дополнения	Содержание дополнения/изменения	Основание внесения изменения/дополнения
1		протокол заседания кафедры № _____ от « ____ » _____ 20 ____ г.
2		протокол заседания кафедры № _____ от « ____ » _____ 20 ____ г.
		протокол заседания кафедры № _____ от « ____ » _____ 20 ____ г.
		протокол заседания кафедры № _____ от « ____ » _____ 20 ____ г.
		протокол заседания кафедры № _____ от « ____ » _____ 20 ____ г.

**Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Российский химико-технологический университет
имени Д.И. Менделеева»**

«УТВЕРЖДЕНО»

на заседании Ученого совета

РХТУ им. Д.И. Менделеева

протокол № 30 от «30» июня 2025 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

**«Оценка рисков и экономической эффективности при внедрении
инновационных решений и технологий»**

Направление подготовки 28.04.02. Наноинженерия

Магистерская программа – «Материалы и технологии наноинженерии»

Квалификация «магистр»

Москва 2025

Программа составлена:

к.э.н., доцентом, заведующим кафедрой менеджмента и маркетинга, Д.С. Лопаткиным

к.э.н., доцентом, доцентом кафедры менеджмента и маркетинга, Н.Н. Гриневым

к.т.н., доцентом, доцентом кафедры менеджмента и маркетинга, Т.Н. Шушуновой

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры менеджмента и маркетинга
«24» апреля 2025 г., протокол № 7

1. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ.

Программа составлена в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования – магистратура по направлению подготовки **28.04.02 «Наноинженерия»** (ФГОС ВО), накопленным опытом преподавания дисциплины кафедрой *менеджмента и маркетинга* РХТУ им. Д.И. Менделеева. Программа рассчитана на изучение дисциплины в течение 1 семестра.

Дисциплина **«Оценка рисков и экономической эффективности при внедрении инновационных решений и технологий»** относится к обязательной части дисциплин учебного плана. Программа дисциплины предполагает, что обучающиеся имеют общую теоретическую и практическую подготовку по общенаучным, общеинженерным дисциплинам и основным профессиональным дисциплинам профиля.

Цель дисциплины – получение системы научных знаний в области современных проблем науки, техники и технологий с применением методологии комплексной оценки и анализа основных рисков при внедрении инновационных технологий в системе национальной экономики с использованием инструментов эффективного управления

Задачи дисциплины:

- методы и инструменты анализа и оценки рисков профессиональной деятельности;
- методы и инструменты анализа и оценки экономической эффективности технологических процессов и производств;
- использование полученных знаний при научных исследованиях и разработке проектов новых ресурсосберегающих и безопасных производств.

Дисциплина **«Оценка рисков и экономической эффективности при внедрении инновационных решений и технологий»** преподается во 2 семестре. Контроль успеваемости студентов ведется по принятой в университете рейтинговой системе.

Рабочая программа дисциплины может быть реализована с применением электронных образовательных технологий и электронного обучения полностью или частично.

2. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Изучение дисциплины направлено на приобретение следующих **компетенций и индикаторов их достижения:**

Универсальные компетенции и индикаторы их достижения:

Наименование категории (группы) УК	Код и наименование УК	Код и наименование индикатора достижения УК
Разработка и реализация проектов	УК-2.Способен управлять проектом на всех этапах его жизненного цикла	УК-2.1. Знает теоретические основы и основные принципы управления проектами
		УК-2.2. Умеет организовать реализацию и обеспечить контроль за ходом выполнения проекта
		УК-2.3. Владеет навыками управления инновационными проектами в производственной сфере

Общепрофессиональные компетенции и индикаторы их достижения:

Наименование категории (группы) ОПК	Код и наименование ОПК	Код и наименование индикатора достижения ОПК
Ответственность в профессиональной деятельности	ОПК-2. Способен управлять профессиональной и иной деятельностью на основе применения знаний проектного и финансового менеджмента	ОПК-2.1. Знает теоретические основы проектного и финансового менеджмента в области профессиональной деятельности
		ОПК-2.2. Умеет оценивать риски и экономическую эффективность решений, принимаемых в области профессиональной деятельности
		ОПК-2.3. Владеет опытом расчёта экономической и ресурсоэффективной составляющей при выполнении исследовательской работы
Исследовательская деятельность	ОПК-3.Способен управлять жизненным циклом создания инженерных продуктов в области нанотехнологии и наноматериалов с учетом экономических, социальных и других ограничений	ОПК-3.1 Знает основы экономической оценки и технико-экономического обоснования проектных решений и инженерных задач
		ОПК-3.2. Умеет анализировать и оценивать затраты предприятия (проекта) с учётом инженерных рисков
		ОПК-3.3. Владеет современными методами анализа эффективности производственного процесса и оценки производственных потерь и подходами к разработке комплекса мероприятий по их устранению

В результате изучения дисциплины студент магистратуры должен:

Знать:

- теоретические особенности и действующую практику в области оценки экономической эффективности и рисков принимаемых решений в области профессиональной деятельности;
- методы расчета экономической эффективности инновационных решений и технологий;
- содержание способы и инструменты анализа и управления рисками;

Уметь:

- проводить анализ научной, технической документации, осуществлять оценку эффективности и рисков в области инновационных видов деятельности;
- оценивать последствия принимаемых решений по рискам и эффективности в области профессиональной деятельности.

Владеть:

- подходами к разработке комплекса мероприятий по уменьшению влияния рисков и повышению экономической эффективности при реализации инноваций;
- методами и инструментами альтернативных технологических и экономических решений при внедрении инновационных решений и технологий;
- инструментами прогнозирования экономических последствий принимаемых решений;

3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ.

Для дисциплин, изучаемых в течение одного семестра:

Вид учебной работы	Объем дисциплины		
	ЗЕ	Акад. ч.	Астр. ч.
Общая трудоемкость дисциплины	2	72	54
Контактная работа – аудиторные занятия:	0,94	34	25,5
Лекции	-	-	
Практические занятия (ПЗ)	0,94	34	25,5
Лабораторные работы (ЛР)	-	-	-
Самостоятельная работа	1,06	38	28,5
Вид итогового контроля:	Зачет с оценкой		

4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1. Разделы дисциплины и виды занятий

№ п/п	Раздел дисциплины	Академ. часов				
		Всего	Лекции	Практические занятия	Лаб. работы	Самост. работа
1.	Раздел 1. Введение в основы проектирования систем управления рисками	24	-	12	-	12
1.1	Тема 1.Неопределенность и риск: общие понятия	8	-	4	-	4
1.2	Тема2.Системные аспекты проектирования в управлении рисками	8	-	4	-	4
1.3	Тема 3.Характеристика инструментов проектирования в управлении рискаи	8	-	4	-	4
2.	Раздел 2.Система управления риском в условиях неопределенности рынка	24	-	12.	-	12
2.1	Тема 4.Интегрированная модель идентификации событий и управления рисками	8	-	4	-	4
2.2	Тема 5.Оценка эффективности систем управления рисками	8	-	4	-	4
2.3	Тема 6.Расчеты ожидаемой эффективности инвестиций	8	-	4	-	4
3.	Раздел 3. Управление риском	24	-	10	-	14
3.1	Тема 7.Оптимизация и рациональный подход в управлении риском	7	-	3	-	4

3.2	Тема 8.Общие и нетрадиционные подходы к оценке инновационных рисков	8	-	3.	-	5
3.3	Тема 9.Расчет показателей эффективности инвестиционного проекта	9	-	4	-	5
	ИТОГО	72	-	34	-	38

4.2 Содержание разделов дисциплины

Раздел 1. Введение в основы проектирования систем управления рисками.

Тема 1.1. Неопределенность и риск: общие понятия. Общее понятие о неопределенности и рисках. Множественность сценариев реализации инвестиций. Понятия об эффективности и устойчивости проектных решений в условиях неопределенности. Формирование организационно-экономического механизма реализации инновационных решений с учетом факторов неопределенности и риска. Основные системы управления риском. Углубленная оценка устойчивости, на примере инвестиционного проекта. Премия за риск. Кумулятивный метод оценки премии за риск. Модель оценки капитальных активов (CAPM). Управление по MRP-системе и др. Современные методы ведения научной, предпринимательской деятельности, инновационные процессы, происходящие в национальной экономике. Методы оценки и технико-экономического обоснования инновационных и инвестиционных проектов для формирования навыков управления в научной сфере деятельности. Методы комплексного анализа и оценки современных научных достижений, генерирования новых идей при решении исследовательских и научно-практических задач в области техники и технологий.

Тема 1.2. Системные аспекты проектирования в управлении рисками. Необходимость проектирования систем управления рисками хозяйствующих субъектов в условиях рыночной экономики. Этапы системного анализа и их характеристика. Методы системного анализа. Параметры системы: параметры среды, параметры управляющих воздействий, параметры внутреннего состояния системы, неуправляемые переменные. Границы и структура системы, подсистемы. Открытые, закрытые, относительно обособленные системы. Типы функционирования экономической системы: стихийный, нормативный. Характеристика состояния системы.

Тема 1.3. Характеристика инструментов проектирования в управлении рисками. Проектирование как вид деятельности. Проектирование в условиях неопределенности. Стратегическая роль «инструментального ящика» в проектировании систем управления. Жизненный цикл инвестиционного проекта. Стратегии процессов управления проектами и наборов инструментов, поддерживающих конкурентные стратегии. Влияние личностных факторов на проектирование систем управления рисками. Личностные факторы, влияющие на степень риска при принятии управленческих решений. Психологические проблемы поведения личности. Отношение личности к риску. Интуиция и риск. Теория рационального поведения. Конфликтные ситуации при проектировании систем управления рисками. Принятие решения в условиях риска.

Раздел 2. Система управления риском в условиях неопределенности рынка.

Тема 2.1. Интегрированная модель идентификации событий и управления рисками COSO–ERM. Стандарт COSO–ERM. Цели системы менеджмента организации. Базовые принципы COSO–ERM. Сущность управления рисками COSO–ERM. Система управления рисками хозяйствующих субъектов. Компоненты процесса управления рисками: внутренняя среда, постановка целей, определение критериев, идентификация событий, оценка рисков, виды рисков, реагирование на риск, средства контроля, информация и коммуникация, мониторинг. Влияние событий и факторов на риски и возможности. Методология идентификации событий: реестр событий, внутренний анализ, эскалация или пороговые триггеры, интервью и семинары-техники идентификации событий, предшественники событий, методологии обработки данных о разрушительных событиях, анализ выполнения процесса, зависимости между событиями, категории событий, различение рисков и возможностей. Эффективность и ограничения модели COSO–ERM.

Тема 2.2. Оценка эффективности систем управления риском. Общие подходы к оценке эффективности методов управления риском. Экономические критерии оценки эффективности управления риском. Составление карты рисков. Анализ экономической эффективности проекта. Применение методов дисконтирования для оценки экономической эффективности проекта. Учет страновых рисков при оценке инвестиционных проектов.

Оценка экономической эффективности страхования и самострахования рисков. Финансирование риска и анализ эффективности методов управления. Методика анализа и результаты анализа эффективности систем управления рисками.

Тема 2.3. Расчеты ожидаемой эффективности инвестиций. Инвестиции и инвестиционная деятельность. Инвестиции: экономическое содержание и виды. Структура инвестиций. Факторы, оказывающие влияние на инвестиционную деятельность. Теоретические основы инвестиционного анализа. Цель и задачи инвестиционного анализа. Объекты и субъекты инвестиционного анализа. Информационная база инвестиционного анализа. Компьютерные технологии в инвестиционном анализе. Укрупненная оценка устойчивости для его участников. Расчет границ безубыточности и эффективности. Оценка устойчивости путем варьирования его параметров. Оценка эффективности принятия решения в условиях неопределенности. Вероятностная (стохастика), субъективные вероятности и их использование при оценке эффективности и интервальная неопределенность. Формула Гурвица. Методы и инструменты управления ресурсами.

Раздел 3. Управление риском. Тема 3.1. Оптимизация и рациональный подход в управлении риском. Задачи оптимизации и общие принципы управленческих решений. Учет вложений собственных ресурсов. Методы альтернативных решений, альтернативных издержек, единовременные и текущие альтернативные издержки. Альтернативная стоимость ресурса. Альтернативные издержки в условиях риска и др. Показатели, оцениваемые при расчете эффективности принятия решений. Составление реестра причинно-следственных связей проявления рисков. Количественная оценка рисков. Профильные риски. Основные направления нейтрализации рисков профессиональной деятельности.

Тема 3.2. Общие и нетрадиционные подходы к оценке инновационных рисков. Современная и будущая стоимости денежного потока. Теоретические основы дисконтирования в условиях неопределенности. Особенности оценки риска инвестиций в условиях современной российской экономики. Оценка финансовой реализуемости управленческих решений и эффективности участия в нем акционерного капитала. Различные аспекты влияния фактора времени. Последовательность проявления рисков. Инструменты оценки коммерческой привлекательности инвестиционного проекта, коммерциализации инноваций, специфика научного, инновационного предпринимательства. Общие подходы к оценке эффективности методов управления риском. Экономические критерии оценки эффективности управления риском. Составление карты рисков. Анализ экономической эффективности управленческих решений на примере инвестиционного проекта. Применение методов дисконтирования для оценки экономической эффективности проекта. Учет страновых рисков при оценке инвестиционных проектов. Оценка экономической эффективности страхования и самострахования рисков. Финансирование риска и анализ эффективности методов управления. Методика и результаты анализа эффективности системы управления рисками.

Тема 3.3. Расчет показателей эффективности инвестиционного проекта. Предварительная аналитическая оценка проекта. Упрощенный пример оценки эффективности и финансовой реализуемости проекта. Обычная методика. Уточненная методика. Определение ЧДД. Определение ВИД. Определение срока окупаемости от начала проекта. Определение финансовой реализуемости проекта и эффективности акционерного капитала. Исходные данные. Макро- и микроэкономическое окружение. Инструменты целеполагания в системе рисков. Основные сведения об операционной деятельности. Инновационная и инвестиционная деятельность. Методология оценки рисков научной и профессиональной деятельности в условиях неопределенности. Расчет рисков. Результаты расчетов. Оценка и анализ экономической эффективности, условия и последствия принимаемых организационных, экономических и управленческих решений в области профессиональной деятельности.

5. СООТВЕТСТВИЕ СОДЕРЖАНИЯ ТРЕБОВАНИЙ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

№	В результате освоения дисциплины студент должен:		Раздел 1	Раздел 2	Раздел 3
	Знать:				
	- теоретические особенности и действующую практику в области оценки рисков и экономической эффективности принимаемых решений в области профессиональной деятельности;		+	+	+
	– содержание, способы и инструменты анализа и управления рисками;		+	+	+
	– методы расчета экономической эффективности принятия инновационных решений;		+	+	+
	Уметь:				
	– проводить анализ научной, технической документации, осуществлять оценку эффективности и рисков в области инновационных видов деятельности ;		+	+	+
	– оценивать последствия принимаемых решений по рискам и эффективности в области профессиональной деятельности.		+	+	+
	Владеть:				
	– подходами к разработке комплекса мероприятий по уменьшению влияния рисков и повышению экономической эффективности при реализации инноваций;		+	+	+
	– методами и инструментами альтернативных технологических и экономических решений при внедрении инновационных решений и технологий;		+	+	+
	- методами и инструментами прогнозирования экономических последствий принимаемых решений		+	+	+
	УК-2.Способен управлять проектом на всех этапах его жизненного цикла	УК-2.1. Знает теоретические основы и основные принципы управления проектами	+	+	+
		УК-2.2. Умеет организовать реализацию и обеспечить контроль за ходом выполнения проекта	+	+	+
		УК-2.3. Владеет навыками управления инновационными проектами в производственной сфере	+	+	+
			+	+	+

	ОПК-2. Способен управлять профессиональной и иной деятельностью на основе применения знаний проектного и финансового менеджмента	ОПК-2.1. Знает теоретические основы проектного и финансового менеджмента в области профессиональной деятельности	+	+	+
		ОПК-2.2. Умеет оценивать риски и экономическую эффективность решений, принимаемых в области профессиональной деятельности	+	+	+
	ОПК-3.Способен управлять жизненным циклом создания инженерных продуктов в области нанотехнологии и наноматериалов с учетом экономических, социальных и других ограничений	ОПК-2.3. Владеет опытом расчёта экономической и ресурсоэффективной составляющей при выполнении исследовательской работы	+	+	+
		ОПК-3.1 Знает основы экономической оценки и технико-экономического обоснования проектных решений и инженерных задач	+	+	+
		ОПК-3.2. Умеет анализировать и оценивать затраты предприятия (проекта) с учётом инженерных рисков	+	+	+
		ОПК-3.3. Владеет современными методами анализа эффективности производственного процесса и оценки производственных потерь и подходами к разработке комплекса мероприятий по их устранению	+	+	+

6. ПРАКТИЧЕСКИЕ И ЛАБОРАТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ

6.1. Практические занятия

Примерные темы практических занятий по дисциплине.

№ п/п	№ раздела дисциплины	Темы практических занятий	Часы
1	Раздел 1	Модель взаимосвязи риска и рентабельности (Capital Asset Pricing model - CAPM). Исследование моделей в рамках теории финансового арбитража (Arbitrage Pricing Theory) и теории опционного ценообразования (Option Pricing Theory).	4
2	Раздел 1	Анализ уровня безубыточности (break-even analysis). Анализ инвестиционной чувствительности (sensitivity analysis). Оценка вероятностных распределений. Анализ имитационных моделей (monte carlo simulation analysis).	4
3	Раздел 1	Процедуры субъективного рискованного регулирования (adjusting the pay back period, risk-adjusted discount rate, adjusting cashflows). Применение инструментов оценки рисков с использованием эквивалентов определенности (certainty equivalent-approach).	4
4	Раздел 2	Анализ дерева решений, стандартных отклонений и коэффициентов вариации. Критерии выбора оптимальной структуры капитала инвестиционного проекта.	4
5	Раздел 2	Определение общего риска (TR). Диверсифицированный риск (DR). Систематический риск (SR).	4
6	Раздел 2.	Исследование проблем регулирования и контроля соотношения постоянных и переменных затрат. Ценовое регулирование. Управление величиной финансового рычага. Диверсификация инвестиционных активов.	4
7	Раздел 3	Регулирование рисков при помощи применения инструментов оптимизации объема реализации, внедрение системы контроля за использованием и состоянием производственного потенциала предприятия, организации.	4
8	Раздел 3.	Проработка системы комплексного использования финансовых методов и рычагов с целью более эффективного управления программами инвестиционного развития, повышения безопасности их реализации и снижения общего риска предприятия.	3
9	Раздел 3.	Деловая игра. Обучение навыкам участия в разработке проектов новых безопасных	3

		производств и экономической оценке рисков профессиональной деятельности.	
--	--	---	--

6.2 Лабораторные занятия

Лабораторные занятия по дисциплине не предусмотрены.

7. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА

Самостоятельная работа проводится с целью углубления знаний по дисциплине и предусматривает:

- ознакомление и проработку рекомендованной литературы, работу с электронно-библиотечными системами, включая переводы публикаций из научных журналов, цитируемых в базах Scopus, Web of Science, Chemical Abstracts, РИНЦ;
- посещение отраслевых выставок и семинаров;
- участие в семинарах РХТУ им. И. Менделеева по тематике дисциплины;
- подготовку к выполнению контрольных работ по материалу лекционного курса;
- подготовку к сдаче *зачета*

Планирование времени на самостоятельную работу, необходимого на изучение дисциплины, студентам лучше всего осуществлять на весь период изучения, предусматривая при этом регулярное повторение пройденного материала. Материал, законспектированный на лекциях, необходимо регулярно дополнять сведениями из литературных источников, представленных в рабочей программе. При работе с указанными источниками рекомендуется составлять краткий конспект материала, с обязательным фиксированием библиографических данных источника.

8. ПРИМЕРЫ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Совокупная оценка по дисциплине складывается из оценок за выполнение и защиту реферативно-аналитических работ (критерий оценки реферата по десяти бальной системе, максимальная оценка по нескольким рефератам 40 баллов) и практических заданий по темам, указанным в разделе 6.1 (максимальная оценка по расчетам 60 баллов) При форме контроля в форме зачета все баллы должны быть набраны в семестре, итоговый контроль по дисциплине не предусмотрен. максимальная оценка за зачет составляет 100 баллов.

8.1. Примерная тематика реферативно-аналитической работы.

1. Методы коммерческой оценки инвестиционного проекта основаны на методах определения экономической эффективности инвестиций и на определении их финансовой состоятельности.
2. Методы определения эффективности инвестиций. Простые (статистические) методы. Методы дисконтирования.
3. Чистая текущая стоимость проекта (NPV). Рентабельность инвестиционных издержек (NPVR). Дисконтированный срок окупаемости.
4. Внутренняя норма прибыли инвестиционных издержек (IRR). Финансовая состоятельность инвестиционных проектов.
5. Оценка ликвидности (платежеспособности) бизнеса.
6. Анализ структуры капитала. Анализ оборачиваемости капитала. Оценка рентабельности капитала.
7. Важнейшие характеристики коммерческой состоятельности инвестиционного проекта.
8. Чистая текущая стоимость проекта: эффект от осуществления проекта, приведенный к одному (исходному) моменту времени.

9. Рентабельность инвестиционных издержек: норма чистого дохода по отношению к инвестиционному капиталу.
10. Внутренняя норма прибыли: максимальная стоимость капитала, который целесообразно использовать в инвестиционном проекте.
11. Простой или дисконтированный сроки окупаемости инвестиционных издержек.
12. Сумма накопленных свободных денежных средств к концу «жизни» инвестиционного проекта.
13. Стадии коммерческой оценки инвестиционного проекта.
14. Оценка потенциальной эффективности инвестиционных издержек.
15. Построение графика движения чистых потоков денежных средств.
16. Расчет внутренней нормы прибыли, определение максимально возможной ставки процента за кредит.
17. Выбор и оптимизация схемы финансирования.
18. Определение потребности в постоянных источниках финансирования.
19. Построение возможного графика привлечения и возврата кредита.
20. Инструментарий анализа проектных рисков.
21. Моделирование стратегического взаимодействия на рынке.
22. Системы эконометрических уравнений в моделировании рискованных ситуаций.
23. Модели оптимизации производства в управлении рисками.
24. Применение однофакторных и многофакторных производственных функций в проектировании систем управления рисками.
25. Экономические и статистические модели в проектировании систем управления рисками.
26. Повышение эффективности функционирования системы внутреннего контроля и управления рисками предприятия.
27. Система внутреннего контроля и система внутреннего аудита при организации комплексного управления рисками хозяйствующего субъекта.
28. Методы минимизации рисков в деятельности хозяйствующего субъекта.
29. Модель COSO-ERM.
30. Управление рисками как составная часть бизнес-процессов компании.
31. Принципы организации системы управления рисками.
32. Комплексное управление рисками хозяйствующего субъекта.
33. Страхование инвестиций от финансовых и коммерческих рисков.
34. Оценка эффективности страхования политических рисков.
35. Применение методов дисконтирования для оценки экономической эффективности проекта.
36. Общие закономерности управления инвестиционными проектами.
37. Промышленная безопасность и стратегия управления промышленными рисками.
38. Оценка эффективности методов управления риском.
39. Структура затрат при различных методах управления риском.
40. Роль интегральных показателей риска в финансовом планировании деятельности предприятия.
41. Сущность и виды рисков.
42. Организация процесса управления риском хозяйствующего субъекта.
43. Место и роль экономических рисков в управлении деятельностью хозяйствующего субъекта.
44. Математические методы оценки экономических рисков.
45. Влияние факторов рыночного равновесия на изменение риска.
46. Методы коммерческой оценки инвестиционного проекта основаны на методах определения экономической эффективности.
47. Эффективность инвестиций.

48. Простые (статистические) методы управления рисками. Простая норма прибыли. Простой срок окупаемости.
49. Методы дисконтирования. Чистая текущая стоимость проекта (NPV).
50. Рентабельность инвестиционных издержек (NPVR). Дисконтированный срок окупаемости.
51. Внутренняя норма прибыли инвестиционных издержек (IRR). Финансовая состоятельность инвестиционных проектов.
52. Оценка ликвидности (платежеспособности). Оценка рентабельности.
53. Анализ оборачиваемости капитала.
54. Анализ структуры капитала.
55. Важнейшие характеристики коммерческой состоятельности инвестиционного проекта.
56. Чистая текущая стоимость проекта.
57. Эффекты от осуществления проекта, приведенный к исходному моменту времени.
58. Рентабельность инвестиционных издержек: норма чистого дохода по отношению к инвестиционному капиталу.
59. Внутренняя норма прибыли: максимальная стоимость капитала, который целесообразно использовать в данном инвестиционном проекте.
60. Простой или дисконтированный сроки окупаемости инвестиционных издержек: период времени, в течение которого происходит полное возмещение инвестиционных издержек.

8.2 Примеры вопросов для текущего контроля освоения дисциплины

В зависимости от понимания курса дисциплины и успеваемости студентов вопросы разбиваются на 3-4 контрольные работы, содержащие два вопроса, максимальная оценка 5 баллов за правильный ответ на вопрос.

1. Выбор и оптимизация схемы финансирования.
2. Определение потребности в постоянных источниках финансирования;
3. Построение возможного графика привлечения и возврата кредита.
4. Фактор неопределенности: акцент на выполнение анализа чувствительности.
5. Подготовка и верификация исходных данных.
6. Выполнение предварительного (базового) варианта расчета в постоянных ценах.
7. Построение модели управления для углубленного анализа риска в условиях неопределенности рынка.
8. Выполнение расчета рисков принятия управленческих решений в текущих ценах.
9. Выбор оптимальных схем осуществления проекта. Возможность корректировки исходных данных.
10. Назовите стадии коммерческой оценки инвестиционного проекта.
11. Алгоритм оценки потенциальной эффективности инвестиционных издержек.
12. Построение графика движения чистых потоков денежных средств;
13. Расчет внутренней нормы прибыли, определение максимально возможной ставки процента за кредит.
14. Анализ чувствительности проекта и оценка поведения проекта в изменяющихся условиях.
15. Наиболее типичные категории ошибок, упущений при выполнении анализа коммерческой состоятельности инвестиционных проектов.
16. Зарубежный опыт формирования учетно-аналитического обеспечения процесса оценки и идентификации рисков.

17. Оценка совокупного риска при помощи ставки дисконтирования.
18. Систематический риск. Измерения систематического риска.
19. Несистематический риск. Безрисковая ставка.
20. Деловой риск. Сопоставление коэффициентов делового риска.
21. Финансовый риск. Финансовая ответственность. Оптимальная величина заимствований.
22. Стоимость собственного и заемного капитала. WASS. Средневзвешенная стоимость капитала. Оценка WASS.
23. Какие отличительные особенности имеет процесс инвестирования?
24. Какими нормативными актами регламентируется инвестиционная деятельность в РФ?
25. Перечислите состав участников инвестиционной деятельности. Назовите их основные функции?
26. Перечислите и охарактеризуйте различные виды инвестиций.
27. Что представляет собой структура инвестиций? Какие виды структуры инвестиций Вы знаете?
28. Как Вы понимаете смысл терминологии об оптимизации структуры источников финансирования инвестиций?
29. Какую связь имеет оптимизация отраслевой структуры вложения и управления инвестициями и показателями экономического роста?
30. Перечислите факторы, влияющие на инвестиционную деятельность на микроуровне?
31. Какая существует связь между уровнем инфляции, объемом и структурой инвестиций?
32. Дайте характеристику инвестиционной политике государства как важному рычагу экономического роста.
33. Существует ли связь между социальным и политическим положением в обществе и активностью инвестиционного процесса?
34. Как наличие свободных экономических зон сказывается на региональной структуре инвестиций?
35. В чем цель инвестиционного анализа как науки?
36. В чем преимущество использования компьютерных технологий для целей инвестиционного анализа?
37. Роль инвестиционного анализа в процессе принятия управленческих решений?
38. Процентная и дисконтная ставки: в чем разница между ними?
39. Какова взаимосвязь между уровнем инфляции и размером дисконтной ставки?
40. Приведите классификацию видов инвестиционных рисков.
41. Зависимость между уровнем риска по инвестиционному проекту и доходностью?
42. Опишите направления использования *SAMP-модели* в инвестиционном анализе.
43. Понятие «инвестиционная привлекательность» организации?
44. Перечислите и дайте характеристику задачам инвестиционного анализа.
45. Какова логика анализа инвестиционных проектов?
46. Какие показатели могут быть получены в результате проведения инвестиционного анализа?
47. Что понимается под объектами инвестиционного анализа? Дайте им характеристику.
48. В чем причины, обуславливающие необходимость инвестиций?
49. Кого относят к субъектам инвестиционного анализа?
50. В каком виде будет получать доход инвестор в зависимости от выбора того или иного инструмента финансирования?
51. Приведите факторы, осложняющие принятие инвестиционного решения.

52. Кто является пользователем информации в инвестиционном анализе?
53. Какие группы информационных данных, используемых в инвестиционном анализе, можно выделить?
54. По каким признакам можно классифицировать информационные данные?
55. Какие программные продукты позволяют осуществлять инвестиционный анализ?

Первая контрольная работа. Вопросы:

1. Организация процесса управления риском хозяйствующего субъекта.
2. Место и роль экономических рисков в управлении деятельностью хозяйствующего субъекта.
3. Математические методы оценки экономических рисков.
4. Влияние факторов рыночного равновесия на изменение риска.
5. Методы коммерческой оценки инвестиционного проекта
6. Методы определения рисков промышленного предприятия.
7. Эффективность инвестиций в условиях риска.
8. Простые (статистические) методы управления рисками.
9. Перечень вопросов для текущего контроля:
10. Назовите стадии коммерческой оценки инвестиционного проекта.
11. Алгоритм оценки потенциальной эффективности инвестиционных издержек.
12. Построение графика движения чистых потоков денежных средств;
13. Расчет внутренней нормы прибыли, определение максимально возможной ставки процента за кредит.
14. Выбор и оптимизация схемы финансирования.
15. Определение потребности в постоянных источниках финансирования;
16. Построение возможного графика привлечения и возврата кредита.
17. Фактор неопределенности: акцент на выполнение анализа чувствительности.
18. Подготовка и верификация исходных данных.
19. Выполнение предварительного варианта расчета в постоянных ценах.
20. Построение модели управления для углубленного анализа риска в условиях неопределенности рынка.
21. Базовый расчет чувствительности проекта
22. Выполнение расчета рисков принятия управленческих решений в текущих ценах.
23. Выбор оптимальных схем осуществления проекта.
24. Анализ чувствительности проекта и оценка поведения проекта в изменяющихся условиях.
25. Наиболее типичные категории рисков, упущений при выполнении анализа коммерческой состоятельности инвестиционных проектов.
26. Зарубежный опыт формирования учетно-аналитического обеспечения оценки рисков.
27. Процесса оценки и идентификации рисков.
28. Оценка совокупного риска при помощи ставки дисконтирования.
29. Систематический риск.
30. Измерения систематического риска.
31. Несистематический риск.
32. Безрисковая ставка.

Вторая контрольная работа. Вопросы:

1. Модели оптимизации производства в управлении рисками.
2. Применение однофакторных и многофакторных производственных функций в проектировании систем управления рисками.

3. Экономические и статистические модели в проектировании систем управления рисками.
4. Повышение эффективности функционирования системы внутреннего контроля и управления рисками предприятия.
5. Система внутреннего контроля и система внутреннего аудита при организации комплексного управления рисками хозяйствующего субъекта.
6. Методы минимизации рисков в деятельности хозяйствующего субъекта.
7. Модель COSO–ERM.
8. Управление рисками как составная часть бизнес-процессов компании.
9. Принципы организации системы управления рисками.
10. Комплексное управление рисками хозяйствующего субъекта.
11. Страхование инвестиций от финансовых и коммерческих рисков.
12. Оценка эффективности страхования производственных рисков.
13. Применение методов дисконтирования для оценки рисков
14. Оценка экономической эффективности проекта.
15. Общие закономерности управления инвестиционными проектами.
16. Промышленная безопасность и риски.
17. Стратегия управления промышленными рисками.
18. Оценка эффективности методов управления риском.
19. Структура затрат при различных методах управления риском.
20. Роль интегральных показателей риска в финансовом планировании деятельности предприятия.
21. Сущность рисков.
22. Виды рисков.
23. Организация процесса управления риском хозяйствующего субъекта.
24. Место и роль экономических рисков
25. Риски в управлении деятельностью хозяйствующего субъекта.
26. Деловой риск.
27. Сопоставление коэффициентов делового риска.
28. Роль интегральных показателей риска
29. Особенности финансового планирования в управлении рисками.
30. Оценка экономической эффективности проекта.

Третья контрольная работа. Вопросы:

1. Эффективность инвестиций.
2. Простые (статистические) методы управления рисками.
3. Простая норма прибыли. Простой срок окупаемости.
4. Методы дисконтирования.
5. Чистая текущая стоимость проекта (NPV).
6. Рентабельность инвестиционных издержек (NPVR).
7. Дисконтированный срок окупаемости.
8. Внутренняя норма прибыли инвестиционных издержек (IRR).
9. Финансовая состоятельность инвестиционных проектов.
10. Оценка ликвидности (платежеспособности).
11. Оценка рентабельности.
12. Анализ оборачиваемости капитала.
13. Анализ структуры капитала.
14. Важнейшие характеристики коммерческой состоятельности инвестиционного проекта.
15. Чистая текущая стоимость проекта.
16. Эффекты от осуществления проекта, приведенный к исходному моменту времени.
17. Рентабельность инвестиционных издержек.

18. Норма чистого дохода по отношению к инвестиционному капиталу.
19. Внутренняя норма прибыли.
20. Максимальная стоимость капитал.
21. Оценка целесообразности инвестиционного проекта.
22. Простой или дисконтированный сроки окупаемости инвестиционных издержек.
23. Период времени, в течение которого происходит полное возмещение инвестиционных издержек.
24. Математические методы оценки экономических рисков.
25. Влияние факторов рыночного равновесия на изменение риска.
26. Методы коммерческой оценки инвестиционного проекта
27. Основные методы определения экономической эффективности проекта.
28. Стратегия управления промышленными рисками.
29. Оценка эффективности методов управления риском.
30. Структура затрат при различных методах управления риском

8.3. Вопросы для итогового контроля освоения дисциплины

Для дисциплин завершающихся зачетом с оценкой (2 семестр) итоговый контроль по дисциплине не предусмотрен.

9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

9.1.Рекомендуемая литература

А. Основная литература

1. Колбин, В. В. Оценка и управление риском / В. В. Колбин, В. А. Ледовская. — 2-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2023. — 248 с. — ISBN 978-5-507-46864-5. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/322655> (дата обращения: 29.06.2025).
2. Котов, В. И. Инвестиционные проекты. Риск-анализ и оценка эффективности / В. И. Котов. — Санкт-Петербург : Лань, 2024. — 180 с. — ISBN 978-5-507-48240-5. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/367490> (дата обращения: 29.06.2025).

Б. Дополнительная литература

1. Романов, Е. В. Стратегическое управление : учебник для вузов / Е. В. Романов, Е. В. Романова. — 2-е изд., перераб. и доп. — Санкт-Петербург : Лань, 2025. — 360 с. — ISBN 978-5-507-51579-0. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/450899> (дата обращения: 29.06.2025)
2. Каледин, С. В. Финансовый менеджмент. Расчет, моделирование и планирование финансовых показателей : Учебное пособие для вузов / С. В. Каледин. — 2-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2022. — 520 с. — ISBN 978-5-8114-9339-5. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/189433> (дата обращения: 29.06.2025).

9.2. Рекомендуемые источники научно-технической информации

Журналы

Вестник института экономики РАН
Вопросы экономики
Российский экономический журнал

Россия и современный мир
Стандарты и качество
Управление качеством
ЭКО (экономика и организация промышленного производства)
Экономист
Экономическая наука современной России
Экономические науки
Эксперт

- Раздаточный иллюстративный материал к лекциям.
- Презентации к лекциям.
- Методические рекомендации по выполнению лабораторных работ.

9.3. Средства обеспечения освоения дисциплины

Для реализации учебной программы подготовлены следующие средства обеспечения освоения дисциплины:

- компьютерные презентации интерактивных лекций – 8;
- банк контрольных заданий для текущего контроля освоения дисциплины (общее число контрольных заданий – 30);
- банк контрольных заданий для итогового контроля освоения дисциплины (общее число билетов – 30).

Для реализации учебной программы с использованием электронного обучения (ЭО) и дистанционных образовательных технологий (ДОТ) могут применяться следующие образовательные технологии и средства обеспечения дисциплины:

- ЕИОС РХТУ им. Д.И. Менделеева;
- платформы для проведения вебинаров (eTutorium и др.);
- платформы для проведения онлайн конференций
- учебный портал Moodle РХТУ им. Д.И. Менделеева (или другие LMS);
- сервисы по доставки e-mail сообщений.

Для проведения промежуточных и итоговой аттестации могут использоваться платформы для проведения онлайн конференций и отдельные специализированные модули LMS.

10. ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНОМ ПРОЦЕССЕ

Информационную поддержку изучения дисциплины осуществляет Информационно-библиотечный центр (ИБЦ) РХТУ им. Д.И. Менделеева, который обеспечивает обучающихся основной учебной, учебно-методической и научной литературой, необходимой для организации образовательного процесса по дисциплине. Общий объем многоотраслевого фонда ИБЦ на 01.01.2025 г. составляет 1 563 142 экз.

Фонд ИБЦ располагает учебной, учебно-методической и научно-технической литературой в форме печатных и электронных изданий, а также включает официальные, справочно-библиографические, специализированные отечественные и зарубежные периодические и информационные издания. ИБЦ обеспечивает доступ к профессиональным базам данных, информационным, справочным и поисковым системам.

Каждый обучающийся обеспечен свободным доступом из любой точки, в которой имеется доступ к сети Интернет и к электронно-библиотечной системе (ЭБС)

Университета, которая содержит различные издания по основным изучаемым дисциплинам и сформирована по согласованию с правообладателями учебной и учебно-методической литературы.

Для более полного и оперативного справочно-библиографического и информационного обслуживания в ИБЦ реализована технология Электронной доставки документов.

Полный перечень электронных информационных ресурсов, используемых в процессе обучения, представлен в основной образовательной программе.

11. Материально-техническое обеспечение дисциплины

В соответствии с учебным планом занятия проводятся в форме лекций, практических занятий и самостоятельной работы обучающегося.

11.1. Оборудование, необходимое в образовательном процессе:

Лекционная учебная аудитория, оборудованная электронными средствами демонстрации (моноблоки, проектор, экран) и учебной мебелью; учебная аудитория для проведения практических занятий, оборудованная электронными средствами демонстрации; библиотека, имеющая рабочие компьютерные места для студентов, оснащенные компьютерами с доступом к базам данных и выходом в Интернет.

11.2. Учебно-наглядные пособия:

Комплекты иллюстрационных материалов к разделам лекционного курса.

11.3. Компьютеры, информационно-телекоммуникационные сети, аппаратно-программные и аудиовизуальные средства:

Персональные компьютеры (моноблоки), укомплектованные программными средствами; проекторы и экраны; локальная сеть с выходом в Интернет.

11.4. Печатные и электронные образовательные и информационные ресурсы:

Информационно-методические материалы: учебные пособия по дисциплине; раздаточный материал к разделам лекционного курса; раздаточный материал к практическим занятиям по дисциплине.

Электронные образовательные ресурсы: электронные презентации к разделам лекционного курса; учебно-методические разработки в электронном виде; справочные материалы в печатном и электронном виде, кафедральные библиотеки электронных изданий.

11.5. Перечень лицензионного программного обеспечения:

№ п/п	Наименование программного продукта	Реквизиты договора поставки	Количество лицензий	Срок окончания действия лицензии
1	WINDOWS 8.1 Professional Genuine	Контракт № 62-64ЭА/2013 от 02.12.2013	24 лицензии для активации на рабочих станциях	бессрочно
2	Microsoft Office	Контракт	150 лицензий для	12 месяцев

	Standard 2019 В составе: Word Excel Power Point Outlook	№175- 262ЭА/2019 От 30.12.2019	активации на рабочих станциях	(ежегодное продление подписки с правом перехода на обновлённую версию продукта)
3	Kaspersky Endpoint Security для бизнеса – Стандартный Russian Edition	Договор № 99- 155ЭА-223/2024	-	12 месяцев (ежегодное продление подписки с правом перехода на обновлённую версию продукта)
4	Антиплагиат.ВУЗ 5.0	Контракт от 13.04.2025 № 13-143К/2025	1	19.05.2026

12. ТРЕБОВАНИЯ К ОЦЕНКЕ КАЧЕСТВА ОСВОЕНИЯ ПРОГРАММЫ

Наименование разделов	Основные показатели оценки	Формы и методы контроля и оценки
--------------------------	----------------------------	-------------------------------------

Раздел 1. Введение в основы проектирования систем управления рисками	<i>Знает:</i> – теоретические особенности и действующую практику в области оценки рисков и экономической эффективности принимаемых решений в области профессиональной деятельности; – содержание, способы и инструменты анализа и управления рисками; – методы расчета экономической эффективности принятия инновационных решений; <i>Умеет:</i> – проводить анализ научной, технической документации, осуществлять оценку эффективности и рисков в области инновационных видов деятельности ; – оценивать последствия принимаемых решений по рискам и эффективности в области профессиональной деятельности. <i>Владеет:</i> – подходами к разработке комплекса мероприятий по уменьшению влияния рисков и повышению экономической	Оценка за реферативно-аналитическую работу Оценка за практические задания <i>Оценка за зачет</i>
	эффективности при реализации инноваций; – методами и инструментами альтернативных технологических и экономических решений при внедрении инновационных решений и технологий; – методами и инструментами прогнозирования экономических последствий принимаемых решений;	

Раздел 2. Система управления риском в условиях неопределенности рынка	<i>Знает:</i> – теоретические особенности и действующую практику в области оценки рисков и экономической эффективности принимаемых решений в области профессиональной деятельности; – содержание, способы и инструменты анализа и управления рисками; – методы расчета экономической эффективности принятия инновационных решений; <i>Умеет:</i> – проводить анализ научной, технической документации, осуществлять оценку эффективности и рисков в области инновационных видов деятельности ; – оценивать последствия принимаемых решений по рискам и эффективности в области профессиональной деятельности. <i>Владеет:</i> – подходами к разработке комплекса мероприятий по уменьшению влияния рисков и повышению экономической эффективности при реализации инноваций; – методами и инструментами альтернативных технологических и экономических решений при внедрении инновационных решений и технологий;	Оценка за реферативно-аналитическую работу Оценка за практические задания <i>Оценка за зачет</i>
	– методами и инструментами прогнозирования экономических последствий принимаемых решений;	

Раздел 3. Управление рисками	<i>Знает:</i> – теоретические особенности и действующую практику в области оценки рисков и экономической эффективности принимаемых решений в области профессиональной деятельности; – содержание, способы и инструменты анализа и управления рисками; – методы расчета экономической эффективности принятия инновационных решений; <i>Умеет:</i> – проводить анализ научной, технической документации, осуществлять оценку эффективности и рисков в области инновационных видов деятельности ; – оценивать последствия принимаемых решений по рискам и эффективности в области профессиональной деятельности. <i>Владеет:</i> – подходами к разработке комплекса мероприятий по уменьшению влияния рисков и повышению экономической эффективности при реализации инноваций; – методами и инструментами альтернативных технологических и экономических решений при внедрении инновационных решений и технологий; – методами и инструментами прогнозирования экономических последствий принимаемых решений;	Оценка за практические задания <i>Оценка за зачет</i>
--	---	---

13. ОСОБЕННОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ДЛЯ ИНВАЛИДОВ И ЛИЦ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ

Обучение инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья осуществляется в соответствии с:

- Порядком организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры (Приказ Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 06.04.2021 № 245);

- Положением о порядке организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева», принятым решением Ученого совета РХТУ им. Д.И. Менделеева от 28.12.2022, протокол № 5;

- Методическими рекомендациями по организации образовательного процесса для обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья в образовательных организациях высшего образования, в том числе оснащённости образовательного процесса (утверждены заместителем Министра образования и науки РФ А.А. Климовым от 08.04.2014 № АК-44/05вн).

**Дополнения и изменения к рабочей программе дисциплины
«Оценка рисков и экономической эффективности при внедрении инновационных
решений и технологий»**

**Основной образовательной программы 28.04.02 Наноинженерия
Магистерская программа «Материалы и технологии наноинженерии»**

Форма обучения: очная

Номер изменения/ дополнения	Содержание дополнения/изменения	Основание внесения изменения/дополнения
1.		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.
		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.
		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.
		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.
		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.

**Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Российский химико-технологический университет
имени Д.И. Менделеева»**

«УТВЕРЖДЕНО»

на заседании Ученого совета

РХТУ им. Д.И. Менделеева

протокол № 30 от «30» июня 2025 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«Планирование и организация проведения эксперимента»

Направление подготовки 28.04.02 Наноинженерия

Магистерская программа

«Материалы и технологии наноинженерии»

Квалификация «магистр»

Москва 2025

Программа составлена: профессором кафедры кибернетики ХТП,

д.т.н. Писаренко Е.В.

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры кибернетики химико-технологических процессов «12» мая 2025 г., протокол № 8.

1. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

Программа составлена в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования – магистратура по направлению подготовки 28.04.02 Наноинженерия, магистерская программа «Материалы и технологии наноинженерии», накопленным опытом преподавания дисциплины кафедрой кибернетики химико-технологических процессов РХТУ им. Д.И.Менделеева. Программа рассчитана на изучение дисциплины в течение одного семестра.

Дисциплина «**Планирование и организация проведения эксперимента**» относится к части, формируемой участниками образовательных отношений, блока 1 «Дисциплины (модули)» учебного плана. Программа дисциплины предполагает, что обучающиеся имеют теоретическую и практическую подготовку в области математики, вычислительной математики, макрокинетики химических процессов, гетерогенного катализа, общей и неорганической химии, органической химии.

Цель дисциплины – научить магистранта активно применять методы и средства основ теории планирования и анализа непрерывного и статического эксперимента для решения конкретных задач выбора научных гипотез о механизме протекания изучаемых нанопроцессов; построения моделей для возможных гипотез; проверке адекватности моделей нанопроцессов результатам эксперимента и направленной коррекции моделей; прецизионной оценки параметров моделей и выбора модели из совокупности конкурирующих, отражающей основные особенности динамики и статистики изучаемых нанопроцессов.

Задачи дисциплины:

- освоение магистрантами основ теории оценивания констант линейно- и нелинейно параметризованных моделей, в том числе байесовских методов оценивания, методов наименьших квадратов и максимального правдоподобия,

- приобретение практических навыков построения планов эксперимента со свойствами D-,A-,E-,G- оптимальности,

- приобретение практических навыков планирования дискриминирующих экспериментов и решения проблемы поиска высокоточных математических моделей исследуемых нанопроцессов.

Дисциплина «Планирование и организация проведения эксперимента» преподается в третьем семестре и заканчивается экзаменом. Контроль успеваемости студентов ведется по принятой в университете рейтинговой системе.

Рабочая программа дисциплины может быть реализована с применением электронных образовательных технологий и электронного обучения полностью или частично.

2. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Изучение дисциплины «Планирование и организация проведения эксперимента» направлено на приобретение следующих **профессиональных компетенций и индикаторов их достижения:**

Задача профессиональной деятельности	Объект или область знания	Код и наименование ПК	Код и наименование индикатора достижения ПК	Основание (профессиональный стандарт, анализ опыта) Обобщенные трудовые функции
Тип задач профессиональной деятельности: научно-исследовательский				
– планирование и проведение теоретических и экспериментальных исследований в области инженерных нанотехнологий с целью совершенствования объектов профессиональной деятельности, обоснования их технических характеристик, определения условий их применения и эксплуатации; – участие в составе коллектива в работах по решению инновационных проблем нанотехнологии – от идеи, фундаментальных и прикладных исследований до создания промышленных изделий.	– методы исследований, испытаний, диагностики и контроля качества наноматериалов, полуфабрикатов и изделий на их основе; – наноматериалы, процессы нанотехнологий и методы нанодиагностики для химии, фармацевтики, биотехнологии, энергетики, научных исследований и других областей техники.	ПК-1. Способен формулировать научно-исследовательские задачи в области нанотехнологии и решать их.	ПК-1.1 Знает современные методы, используемые при проведении научных исследований в нанотехнологии и основные этапы выполнения научно-исследовательской работы. ПК-1.2 Умеет применять полученные знания для системного и комплексного проведения научных исследований в области профессиональной деятельности. ПК-1.3 Владеет приемами обработки, анализа, интерпретации и представления результатов эксперимента, навыками подготовки научно-технических отчетов.	Профессиональный стандарт 40.011 «Специалист по научно-исследовательским и опытно-конструкторским разработкам», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 04.03.2014 № 121н. Обобщенная трудовая функция С. Проведение научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ по тематике организации. С /01.6. Осуществление научного руководства проведением исследований по отдельным задачам (уровень квалификации – 6)

– планирование и проведение теоретических и экспериментальных исследований в области инженерных нанотехнологий с целью совершенствования объектов профессиональной деятельности, обоснования их технических характеристик, определения условий их применения и эксплуатации; – участие в составе коллектива в работах по решению инновационных проблем наноинженерии – от идеи, фундаментальных и прикладных исследований до создания промышленных изделий.	– методы исследований, испытаний, диагностики и контроля качества наноматериалов, полуфабрикатов и изделий на их основе; – наноматериалы, процессы нанотехнологий и методы нанодиагностики для химии, фармацевтики, биотехнологии, энергетики, научных исследований и других областей техники.	ПК-2. Готов к анализу и систематизации научно-технической информации по теме исследования, выбору методик и средств решения задачи, анализу результатов и их интерпретации	ПК-2.1 Знает теорию эксперимента в области своей профессиональной деятельности и методики анализа явлений и процессов	Профессиональный стандарт 40.011 «Специалист по научно-исследовательским и опытно-конструкторским разработкам», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 04.03.2014 № 121н. Обобщенная трудовая функция С. Проведение научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ по тематике организации. С /01.6. Осуществление научного руководства проведением исследований по отдельным задачам (уровень квалификации – 6)
---	--	---	--	---

В результате изучения дисциплины студент магистратуры должен:

Знать:

- методы планирования научного эксперимента и построения моделей нанопроцессов и наносистем;
- основы теории оценивания параметров линейно- и нелинейнопараметризованных моделей нанопроцессов и наносистем;
- планы эксперимента. Дискретные и непрерывные планы. Критерии оптимальности планов D-, A-, E-, G- и их геометрическую интерпретацию. Метод случайного баланса;
- сущность теоремы эквивалентности;
- байесовский подход к прецизионной оценке параметров линейно- и нелинейно параметризованных моделей нанопроцессов и наносистем;
- непрерывные оптимальные планы эксперимента для оценки параметров моделей нанопроцессов и наносистем. Методы синтеза оптимальных тестирующих индикаторных сигналов;
- методы проверки статистических гипотез. Критерии проверки гипотез. Функции мощности критерия, несмещенные и равномерно наиболее мощные критерии;
- методы планирования динамического эксперимента для прецизионной оценки параметров моделей гидродинамической структуры потоков, зерна катализатора с наноцентрами, каталитического реактора
- методы дискриминации математических моделей – энтропийный, отношения вероятностей;
- обобщенные критерии оптимальности при планировании дискриминирующих экспериментов при решении задач наноинженерии.

Уметь:

- выбирать оптимальную стратегию проведения экспериментальных исследований при решении задач наноинженерии;
- осуществлять построение моделей нанопроцессов и наносистем и моделей экспериментального оборудования для реализации нанопроцессов;
- оценивать параметры линейно- и нелинейно параметризованных одно- и многооткликовых моделей нанопроцессов и наносистем;
- синтезировать оптимальные тестирующие индикаторные сигналы;
- планировать проведение динамического эксперимента для оценки параметров моделей нанопроцессов и наносистем;
- проводить оценку информативности эксперимента;
- использовать неявные конечно-разностные и коллокационные методы решения уравнений моделей нанопроцессов и наносистем;
- использовать методы Бартлетта и Хагао – проверки адекватности многооткликовых моделей нанопроцессов и наносистем экспериментальным данным;
- осуществлять дискриминацию математических моделей нанопроцессов с использованием критериев дискриминации, основанных на качественном и количественном анализе динамических и статических свойств моделей (χ^2 -критерий, энтропийный критерий Кульбака, обобщенный критерий отношения вероятностей);
- проводить оценку надежности принятия решений о выборе наилучшей модели;
- использовать методы случайного баланса и построения сверхнасыщенных планов эксперимента для разработки новых наноматериалов и новых полифункциональных катализаторов.

Владеть:

- методами планирования непрерывного и статического эксперимента для установления оптимальной стратегии проведения экспериментальных исследований нанопроцессов и наносистем;

- методами построения оптимальных планов на основе теоремы эквивалентности.
- методами синтеза оптимальных тестирующих индикаторных сигналов для построения высокопрецизионных моделей нанопроцессов;
- методами проверки статистических гипотез;
- методами оценки параметров линейно- и нелинейнопараметризованных моделей нанопроцессов и наносистем;
- методами проверки адекватности разработанных моделей нанопроцессов и наносистем экспериментальным данным;
- методами дискриминации математических моделей нанопроцессов и наносистем;
- практическими навыками применения вычислительной техники для решения задач, изучаемых в настоящей дисциплине.

3. ОБЪЁМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ

Вид учебной работы	Объем дисциплины		
	ЗЕ	Акад. ч.	Астр.ч.
Общая трудоемкость дисциплины	5	180	135
Контактная работа – аудиторные занятия:	1,41	51	38,25
Лекции	0,47	17	12,75
Практические занятия (ПЗ)	0,94	34	25,5
Самостоятельная работа	2,59	93	69,75
Самостоятельное изучение разделов дисциплины	2,59	93	69,75
Вид контроля:			
Экзамен	1	36	27
Контактная работа – промежуточная аттестация	1	0,4	0,3
Подготовка к экзамену.		35,6	26,7
Вид итогового контроля:	Экзамен		

4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1. Разделы дисциплины и виды занятий

№	Раздел дисциплины	Акад. часов			
		Всего	Лекции	Практические занятия	Самостоятельная работа
1 семестр					
	Введение. Классификация научных и научно-технических задач нанотехнологии. Общие подходы к их решению.	0,5	0,5	-	-
1	Раздел 1. Лабораторные исследования нанопроцессов и наносистем, их цели и задачи. Лабораторные химические реакторы.	10	2	3	5
1.1	Цели и задачи лабораторных исследований нанопроцессов.	0,5	0,5	-	-

1.2	Типы моделей кинетики химических реакций.	1,0	0,5	0,5	-
1.3	Модели реакторов при стационарных и нестационарных условиях протекания химических процессов.	1,5	0,5	-	1
1.4	Конструкции лабораторных реакторов – проточные и проточно-циркуляционные реакторы.	1,5	0,5	-	1
1.5	Методика проведения лабораторных экспериментов.	1,0	-	-	1
1.6	Анализ результатов экспериментов.	1,5	-	0,5	1
1.7	Определение оценок параметров моделей по результатам лабораторного эксперимента. Применение методов статистического моделирования при определении соответствия математической модели результатам эксперимента.	3,0	-	2	1
2	Раздел 2 Основы теории оценивания. Оценка параметров линейно- и нелинейно параметризованных одно- и многооткликowych моделей нанопроцессов.	16	2	4	10
2.1	Выборочный метод, распределение выборки, выборочные оценки. Общие требования, предъявляемые к оценкам. Оптимальные линейные оценки.	4,0	0,5	0,5	3
2.2	Оценка параметров одно- и многооткликowych линейно и нелинейно параметризованных моделей при равнооточных и неравнооточных наблюдениях.	7,0	1	3	3
2.3	Неравенство информации, оценки с минимальной дисперсией и достаточные оценки. Асимптотические свойства оценок максимального правдоподобия.	5,0	0,5	0,5	4
3	Раздел 3 Планы эксперимента. Дискретные и непрерывные планы. Критерии оптимальности планов. Численные методы построения D-оптимальных и минимаксных планов при исследовании нанопроцессов и наносистем.	15	2	3	10
3.1	Планы экспериментов. Область экспериментирования. Спектр плана. Вероятностная мера плана. Точные и	3,0	0,5	0,5	2

	непрерывные оптимальные планы.				
3.2	Метод случайного баланса. Теория распознавания образов и методы теории регрессионного и конфлюентного анализа	3,5	0,5	1	2
3.3	D-, A-, E-, G-критерии оптимальности планов. Геометрическая интерпретация критериев оптимальности.	3,0	0,5	0,5	2
3.4	Численные методы построения D-оптимальных непрерывных планов эксперимента для линейно параметризованных однооткликовых и многооткликовых моделей.	5,5	0,5	1	4
4	Раздел 4. Теорема эквивалентности оптимальных планов.	8	1	2	5
4.1	Основные свойства информационной матрицы. Взвешенная сумма дисперсий оценок отклика. Нижняя граница максимальной величины взвешенной дисперсии оценки отклика.	1,5	0,5	-	1
4.2	Теорема эквивалентности оптимальных планов эксперимента, ее доказательство.	1,5	0,5	-	1
4.3	Использование утверждений теоремы эквивалентности при создании процедур построения планов эксперимента для нанопроцессов.	5	-	2	3
5	Раздел 5. Байесовский подход к оценке параметров линейно- и нелинейно параметризованных моделей нанопроцессов и наносистем.	13	1	2	10
5.1	Байесовский подход к решению задачи прецизионной оценки параметров модели. Субъективная интерпретация априорной информации. Апостериорная плотность распределения вероятностей вектора параметров и откликов модели.	3,0	0,5	0,5	2
5.2	Однооткликовые модели. Байесовские процедуры уточнения их параметров. Построение последовательных планов эксперимента.	4,5	-	0,5	4
5.3	Многооткликовые модели. Последовательные байесовские процедуры прецизионной оценки их параметров. Непрерывные планы	5,5	0,5	1	4

	эксперимента.				
6	Раздел 6. Непрерывные оптимальные планы эксперимента для оценки параметров кинетических моделей и моделей кинетики адсорбции. Синтез оптимальных тестирующих индикаторных сигналов.	16	2	4	10
6.1	Классификация задач непрерывной параметрической идентификации. Процедуры оптимальной организации лабораторного и стендового эксперимента.	3,5	0,5	-	3
6.2	Построение моделей экспериментального оборудования для реализации нанопроцессов.	4,5	0,5	1	3
6.3	Синтез оптимальных тестирующих индикаторных сигналов. Оценка информативности эксперимента.	5,5	0,5	2	3
6.4	Классификация кинетических моделей, моделей кинетики адсорбции. Основные математические методы решения уравнений моделей. Расчет информационной матрицы и величин критериев оптимальности планов.	2,5	0,5	1	1
7	Раздел 7. Планирование динамического эксперимента для прецизионной оценки параметров моделей гидродинамической структуры потоков, зерна катализатора с нанокцентрами, каталитического реактора.	16	2	4	10
7.1	Классификация идентифицируемых моделей структуры потоков в реакторе, моделей зерна катализатора с нанокцентрами, моделей каталитического реактора.	2,5	0,5	1	1
7.2	Планирование динамического эксперимента. Синтез оптимальных индикаторных сигналов, процедуры раздельной и совместной подачи различных индикаторов в исследуемый объект.	3,5	0,5	1	2
7.3	Неявные конечно-разностные и коллокационные методы решения уравнений моделей нанопроцессов и наносистем.	5,5	0,5	1	4
7.4	Построение оптимальных планов проведения динамического эксперимента. Оценка точности	4,5	0,5	1	3

	получаемых оценок параметров модели.				
8	Раздел 8. Проверка статистических гипотез. Простые и сложные гипотезы. Критерии проверки гипотез. Функция мощности критерия, несмещенные и равномерно наиболее мощные критерии.	15	1	4	10
8.1	Простые и сложные параметрические гипотезы. Нулевая гипотеза. Критерии статистической гипотезы. Основные статистики для формирования различных критериев. Ошибки первого и второго рода.	2,5	0,5	1	1
8.2	Функция мощности критерия. Несмещенный, наиболее мощный, равномерно наиболее мощный критерии. Условия существования равномерно наиболее мощного критерия, теорема Неймана-Пирсона.	6,0	-	1	5
8.3	Метод отношения правдоподобия. Методы Бартлетта и Хагао – проверки адекватности многоотклитковых моделей нанопроцессов и систем экспериментальным данным.	6,5	0,5	2	4
9	Раздел 9. Дискриминация математических моделей. Методы дискриминации – энтропийный, отношения вероятностей.	17	2	5	10
9.1	Общие подходы к дискриминации математических моделей нанопроцессов и наносистем. Недостатки традиционных методов дискриминации моделей.	5,0	0,5	0,5	4
9.2	Критерии дискриминации, основанные на качественном анализе динамических и статических свойств моделей. Количественные критерии дискриминации моделей - χ^2 -критерий, энтропийный критерий Кульбака, обобщенный критерий отношения вероятностей. Их основные достоинства и недостатки.	7,0	1	2	4
9.3	Построение процедур выбора модели, наиболее соответствующей экспериментальным данным, среди совокупности конкурирующих. Байесовские методы, методы обобщенного отношения	5,0	0,5	2,5	2

	вероятностей. Оценка надежности решений о выборе наилучшей модели.				
10	Раздел 10. Планирование дискриминирующих экспериментов. Обобщенные критерии оптимальности. Оценка надежности принимаемых решений.	17	1	3	13
10.1	Стратегия эффективного экспериментирования при дискриминации конкурирующих моделей. Дискриминантная функция Кульбака. Построение последовательного плана эксперимента, обеспечивающего максимальный прирост дискриминантной функции Кульбака.	6,5	0,5	1	5
10.2	Функция обобщенного отношения правдоподобия. Построение плана дискриминирующего эксперимента, обеспечивающего максимальный прирост суммы величин логарифма обобщенного отношения правдоподобия. Оценка надежности принимаемых решений.	6,0	-	1	5
10.3	Комплексные критерии дискриминации моделей и уточнение их параметров. Выбор оптимальной стратегии экспериментирования при решении задач наноинженерии.	4,5	0,5	1	3
	Заключение.	0,5	0,5	-	
	Экзамен	36	-	-	-
	Всего	180	17	34	93

4.2. Содержание разделов дисциплины

Введение. Классификация научных и научно-технических задач наноинженерии. Общие подходы к их решению.

Задачи дисциплины и ее роль при моделировании нанопроцессов и наносистем. Общие подходы к решению проблемы установления механизма изучаемых нанопроцессов построению по экспериментальным данным адекватных им математических моделей. Методы планирования научного эксперимента, оценки параметров моделей, проверка научных и научно-технических гипотез. Последовательный статистический анализ, построение функций потерь и статических решающих функций. Выбор оптимальной стратегии проведения экспериментальных исследований.

Раздел 1. Лабораторные исследования нанопроцессов и наносистем, их цели и задачи. Лабораторные химические реакторы.

1.1. Цели и задачи лабораторных исследований нанопроцессов.

1.2. Типы моделей кинетики химических реакций.

- 1.3. Модели реакторов при стационарных и нестационарных условиях протекания химических процессов.
- 1.4. Конструкции лабораторных реакторов – проточные и проточно-циркуляционные реакторы.
- 1.5. Методика проведения лабораторных экспериментов.
- 1.6. Анализ результатов экспериментов. Ошибки экспериментов скалярного и векторного типов. Плотности и функции распределения случайных ошибок эксперимента. Методы моделирования на ЭВМ случайных величин с априори заданными плотностями распределения. Преобразования скалярных и векторных случайных величин. Критерии независимости случайных величин. Линейные и нелинейные преобразования моделей химических процессов.
- 1.7. Определение оценок параметров моделей по результатам лабораторного эксперимента. Применение методов статистического моделирования при определении соответствия математической модели результатам эксперимента.

Раздел 2. Основы теории оценивания. Оценка параметров линейно- и нелинейно параметризованных одно- и многооткликowych моделей нанопроцессов и наносистем.

- 2.1. Выборочный метод, распределение выборки, выборочные оценки. Общие требования, предъявляемые к оценкам. Оптимальные линейные оценки.
- 2.2. Оценка параметров одно- и многооткликowych линейно и нелинейно параметризованных моделей при равнооточных и неравнооточных наблюдениях. Точечные оценки параметров, дисперсионно-ковариационная матрица оценок параметров, точечная оценка значений откликов, дисперсионно-ковариационная матрица точечных оценок значений откликов.
- 2.3. Неравенство информации, оценки с минимальной дисперсией и достаточные оценки. Оценка вектора параметров модели. Асимптотические свойства оценок максимального правдоподобия.

Раздел 3. Планы эксперимента. Дискретные и непрерывные планы. Критерии оптимальности планов. Численные методы построения D-оптимальных и минимаксных планов при исследовании нанопроцессов и наносистем.

- 3.1. Планы экспериментов. Область экспериментирования. Спектр плана. Вероятностная мера плана. Точные и непрерывные оптимальные планы.
- 3.2. Метод случайного баланса. Экспериментальное определение доминирующих эффектов факторов, среди общей совокупности конкурирующих, и существенно превышающие доминирующие и общее число поставленных опытов. Для оценки числа доминирующих факторов используются теория распознавания образов и методы теории регрессионного и конъюгентного анализа. Метод случайного баланса иллюстрируется на примерах синтеза материалов, используемых в катализе и микроэлектронике.
- 3.3. D-, A-, E-, G-критерии оптимальности планов. Геометрическая интерпретация критериев оптимальности.
- 3.4. Численные методы построения D-оптимальных непрерывных планов эксперимента для линейно параметризованных однооткликowych и многооткликowych моделей.

Раздел 4. Теорема эквивалентности оптимальных планов.

- 4.1 Основные свойства информационной матрицы. Взвешенная сумма дисперсий оценок отклика. Нижняя граница максимальной величины взвешенной дисперсии оценки отклика.
- 4.2. Теорема эквивалентности оптимальных планов эксперимента, ее доказательство.
- 4.3. Использование утверждений теоремы эквивалентности при создании процедур построения планов эксперимента для нанопроцессов.

Раздел 5. Байесовский подход к оценке параметров линейно- и нелинейно параметризованных моделей нанопроцессов и наносистем.

- 5.1. Байесовский подход к решению задачи прецизионной оценки параметров модели. Субъективная интерпретация априорной информации. Теорема Байеса. Апостериорная плотность распределения вероятностей вектора параметров и откликов модели.
- 5.2. Однооткликовые модели. Байесовские процедуры уточнения их параметров. Построение последовательных планов эксперимента.
- 5.3. Многооткликовые модели. Последовательные байесовские процедуры прецизионной оценки их параметров. Непрерывные планы эксперимента.

Раздел 6. Непрерывные оптимальные планы эксперимента для оценки параметров кинетических моделей и моделей кинетики адсорбции. Синтез оптимальных тестирующих индикаторных сигналов.

- 6.1. Классификация задач непрерывной параметрической идентификации. Процедуры оптимальной организации лабораторного и стендового эксперимента.
- 6.2. Построение моделей экспериментального оборудования для реализации нанопроцессов.
- 6.3. Синтез оптимальных тестирующих индикаторных сигналов. Оценка информативности эксперимента.
- 6.4. Классификация кинетических моделей, моделей кинетики адсорбции. Основные математические методы решения уравнений моделей. Расчет информационной матрицы и величин критериев оптимальности планов.

Раздел 7. Планирование динамического эксперимента для прецизионной оценки параметров моделей гидродинамической структуры потоков, зерна катализатора с наноцентрами, каталитического реактора.

- 7.1. Классификация идентифицируемых моделей структуры потоков в реакторе, моделей зерна катализатора с наноцентрами, моделей каталитического реактора.
- 7.2. Планирование динамического эксперимента. Синтез оптимальных индикаторных сигналов, процедуры раздельной и совместной подачи различных индикаторов в исследуемый объект.
- 7.3. Неявные конечно-разностные и коллокационные методы решения уравнений моделей нанопроцессов и наносистем.
- 7.4. Построение оптимальных планов проведения динамического эксперимента. Оценка точности получаемых оценок параметров модели.

Раздел 8. Проверка статистических гипотез. Простые и сложные гипотезы. Критерии проверки гипотез. Функция мощности критерия, несмещенные и равномерно наиболее мощные критерии.

- 8.1. Простые и сложные параметрические гипотезы. Нулевая гипотеза. Критерии статистической гипотезы. Основные статистики для формирования различных критериев. Ошибки первого и второго рода.
- 8.2. Функция мощности критерия. Несмещенный, наиболее мощный, равномерно наиболее мощный критерии. Условия существования равномерно наиболее мощного критерия, теорема Неймана-Пирсона.
- 8.3. Метод отношения правдоподобия. Методы Бартлетта и Хагао – проверки адекватности многооткликовых моделей нанопроцессов и наносистем экспериментальным данным.

Раздел 9. Дискриминация математических моделей. Методы дискриминации – энтропийный, отношения вероятностей.

- 9.1. Общие подходы к дискриминации математических моделей нанопроцессов и наносистем. Недостатки традиционных методов дискриминации моделей.
- 9.2. Критерии дискриминации, основанные на качественном анализе динамических и статических свойств моделей. Количественные критерии дискриминации моделей - χ^2 -

критерий, энтропийный критерий Кульбака, обобщенный критерий отношения вероятностей. Их основные достоинства и недостатки.

9.3. Построение процедур выбора модели, наиболее соответствующей экспериментальным данным, среди совокупности конкурирующих. Байесовские методы, методы обобщенного отношения вероятностей. Оценка надежности решений о выборе наилучшей модели.

Раздел 10. Планирование дискриминирующих экспериментов. Обобщенные критерии оптимальности. Оценка надежности принимаемых решений.

10.1. Стратегия эффективного экспериментирования при дискриминации конкурирующих моделей. Дискриминантная функция Кульбака. Построение последовательного плана эксперимента, обеспечивающего максимальный прирост дискриминантной функции Кульбака.

10.2. Функция обобщенного отношения правдоподобия. Построение плана дискриминирующего эксперимента, обеспечивающего максимальный прирост суммы величин логарифма обобщенного отношения правдоподобия. Оценка надежности принимаемых решений.

10.3. Комплексные критерии дискриминации моделей и уточнение их параметров. Выбор оптимальной стратегии экспериментирования при решении задач нанотехнологий.

Заключение. Заключительная лекция.

5. СООТВЕТСТВИЕ СОДЕРЖАНИЯ ТРЕБОВАНИЯМ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

№	В результате освоения дисциплины студент должен:	Раздел 1	Раздел 2	Раздел 3	Раздел 4	Раздел 5	Раздел 6	Раздел 7	Раздел 8	Раздел 9	Раздел 10
	Знать:										
1.	Методы планирования научного эксперимента и построения моделей нанопроцессов и наносистем	+						+			
2.	Основы теории оценивания параметров линейно- и нелинейнопараметризованных моделей нанопроцессов и наносистем	+	+						+		
3.	Планы эксперимента. Дискретные и непрерывные планы. Критерии оптимальности планов D-, A-, E-, G- и их геометрическую интерпретацию. Метод случайного баланса;			+							
4.	Сущность теоремы эквивалентности				+						
5.	Байесовский подход к прецизионной оценке параметров линейно- и нелинейно параметризованных моделей нанопроцессов и наносистем					+					
6.	Непрерывные оптимальные планы эксперимента для оценки параметров моделей нанопроцессов и наносистем. Методы синтеза оптимальных тестирующих индикаторных сигналов						+				
7.	Методы проверки статистических гипотез. Критерии проверки гипотез. Функции мощности критерия, несмещенные и равномерно наиболее мощные								+		

№	В результате освоения дисциплины студент должен:	Раздел 1	Раздел 2	Раздел 3	Раздел 4	Раздел 5	Раздел 6	Раздел 7	Раздел 8	Раздел 9	Раздел 10
	критерии										
8.	Методы планирования динамического эксперимента для прецизионной оценки параметров моделей гидродинамической структуры потоков, зерна катализатора с наночестрами, каталитического реактора							+			
9.	Методы дискриминации математических моделей – энтропийный, отношения вероятностей									+	
10.	Обобщенные критерии оптимальности при планировании дискриминирующих экспериментов при решении задач нанотехнологии										+
	Уметь:										
11.	Выбирать оптимальную стратегию проведения экспериментальных исследований при решении задач нанотехнологии.			+			+			+	+
12.	Осуществлять построение моделей нанопроцессов и наносистем и моделей экспериментального оборудования для реализации нанопроцессов	+					+				
13.	Оценивать параметры линейно- и нелинейно параметризованных одно- и многооткликовых моделей нанопроцессов и наносистем.		+								
14.	Синтезировать оптимальные индикаторные тестирующие сигналы						+				
15.	Планировать проведение динамического эксперимента для оценки параметров моделей нанопроцессов и наносистем							+			
16.	Проводить оценку информативности эксперимента					+					
17.	Использовать неявные конечно-разностные и коллокационные методы решения уравнений моделей нанопроцессов и наносистем							+			
18.	Использовать методы Бартлетта и Хагао – проверки адекватности многооткликовых моделей нанопроцессов и наносистем экспериментальным данным								+		
19.	Осуществлять дискриминацию математических моделей нанопроцессов с использованием критериев дискриминации, основанных на качественном и количественном анализе динамических и статических свойств моделей (χ^2 -критерий, энтропийный критерий Кульбака, обобщенный критерий отношения вероятностей)									+	
20.	Проводить оценку надежности принятия решений о выборе наилучшей модели								+		+
21.	Использовать методы случайного баланса и построения сверхнасыщенных планов эксперимента			+	+						

№	В результате освоения дисциплины студент должен:	Раздел 1	Раздел 2	Раздел 3	Раздел 4	Раздел 5	Раздел 6	Раздел 7	Раздел 8	Раздел 9	Раздел 10
	для разработки новых материалов и новых полифункциональных катализаторов										
	Владеть:										
22.	Методами планирования непрерывного и статического эксперимента для установления оптимальной стратегии проведения экспериментальных исследований нанопроцессов и наносистем	+		+							
23.	Методами построения оптимальных планов на основе теоремы эквивалентности.				+						
24.	Методами синтеза оптимальных тестирующих индикаторных сигналов для построения высокопрецизионных моделей нанопроцессов						+				
25.	Методами проверки статистических гипотез								+		
26.	Методами оценки параметров линейно- и нелинейнопараметризованных моделей нанопроцессов и наносистем		+		+	+					
27.	Методами проверки адекватности разработанных моделей нанопроцессов и наносистем экспериментальным данным								+		
28.	Методами дискриминации математических моделей нанопроцессов и наносистем									+	+
29.	Практическими навыками применения вычислительной техники для решения задач, изучаемых в настоящей дисциплине.							+			
В результате освоения дисциплины студент должен приобрести следующие профессиональные компетенции и индикаторы их достижения:											
	Код и наименование ПК	Код и наименование индикатора достижения ПК									
30.	ПК-1. Способен формулировать научно-исследовательские задачи в области нанотехнологий и решать их.	ПК-1.1 Знает современные методы, используемые при проведении научных исследований в нанотехнологии и основные этапы выполнения научно-исследовательской работы.	+	+	+		+	+		+	+
		ПК-1.2 Умеет применять полученные знания для системного и комплексного проведения научных исследований в области профессиональной деятельности.	+	+	+						
		ПК-1.3 Владеет приемами обработки, анализа, интерпретации и	+	+	+	+	+	+	+	+	+

№	В результате освоения дисциплины студент должен:		Раздел 1	Раздел 2	Раздел 3	Раздел 4	Раздел 5	Раздел 6	Раздел 7	Раздел 8	Раздел 9	Раздел 10
		представления результатов эксперимента, навыками подготовки научно-технических отчетов.										
31.	ПК-2. Готов к анализу и систематизации научно-технической информации по теме исследования, выбору методик и средств решения задачи, анализу результатов и их интерпретации	ПК-2.1 Знает теорию эксперимента в области своей профессиональной деятельности и методики анализа явлений и процессов.	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+

6. ПРАКТИЧЕСКИЕ И ЛАБОРАТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ

6.1. Практические занятия

№ п/п	№ раздела дисциплины	Темы практических занятий	Часы
1	1.2, 1.6-1.7	<i>Практическое занятие 1</i> 1. Определение условий классической корректности решения задач по Адамару и определение условий проверки научных гипотез по Колмогорову для заданных математических моделей (0.5 акад. ч) 2. Определение режимов работы физико-химических объектов по нелинейным математическим моделям. (0.5 акад. ч) 3. Определение векторов математических ожиданий и дисперсионно-ковариационных матриц для заданных двумерных плотностей распределения вероятностей (0.5 акад. ч) 4. Определение частных плотностей распределения по совместным плотностям распределения случайных векторов и определение условий независимости двух случайных векторов (0.5 акад. ч). 5. Формирование условных плотностей распределения (0.5 акад. ч). 6. Линейные преобразования нормальных случайных векторов и построение плотностей распределения преобразованных векторов (0.5 акад. ч).	3
2	2,2	<i>Практическое занятие 2</i> Определение неизвестных параметров двухоткликовых линейнопараметризованных моделей и расчет элементов дисперсионно-ковариационных матриц оценок параметров и	2

		откликов моделей.	
3	2,1, 2,3 3.1-3.4 4.3	<i>Практическое занятие 3</i> Построение непрерывного D-оптимального плана эксперимента при равнооточных измерениях для заданных линейно-параметризованных двухоткликовых моделей.	3
4	2,1, 2,3 3.1-3.4 4.3	<i>Практическое занятие 4</i> Построение непрерывного G-оптимального плана эксперимента при неравнооточных измерениях для заданных линейнопараметризованных двухоткликовых моделей.	3
5	5.1-5.3	<i>Практическое занятие 5</i> Планирование непрерывных экспериментов при байесовском оценивании параметров.	2
6	6.1-6.4	<i>Практическое занятие 6</i> Синтез оптимальных тестирующих индикаторных сигналов для оценки кинетических констант моделей каталитических реакций, проводимых в реакторах идеального смешения.	4
7	7.1-7.4	<i>Практическое занятие 7</i> Синтез оптимальных тестирующих индикаторных сигналов для оценки макрокинетических параметров моделей проточных реакторов с обратным перемешиванием.	4
8	8.1-8.3	<i>Практическое занятие 8</i> Проверка адекватности многооткликовых математических моделей.	4
9	9.1-9.3, 10.1	<i>Практическое занятие 9</i> Дискриминация кинетических моделей с использованием различных критериев.	6
10	3.2, 10.2- 10.3	<i>Практическое занятие 10</i> Метод случайного баланса при поисках доминирующих эффектов факторов при синтезе активных катализаторов.	3
		ИТОГО	34

6.2. Лабораторные работы

Лабораторные занятия по дисциплине не предусмотрены.

7.САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА

Самостоятельная работа проводится с целью углубления знаний по дисциплине и предусматривает:

- регулярную проработку пройденного на лекциях и практических занятиях учебного материала и подготовку к выполнению практических работ по разделам дисциплины;
- ознакомление и проработку рекомендованной литературы, и работу с электронно-библиотечными системами, включая переводы публикаций из научных журналов, цитируемых в базах Scopus, Web of Science, РИНЦ;
- посещение отраслевых выставок, семинаров, конференций различного уровня,
- подготовку к сдаче зачёта по дисциплине.

Планирование времени на самостоятельную работу, необходимую для изучения дисциплины, студентам лучше всего осуществлять на весь период изучения, предусматривая при этом регулярное повторение пройденного материала. Материал, законспектированный на лекциях, необходимо регулярно дополнять сведениями из литературных источников, представленных в рабочей программе. При работе с указанными источниками рекомендуется

составлять краткий конспект материала, с обязательным фиксированием библиографических данных источника.

8. ПРИМЕРЫ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

(РАЗДЕЛ ВЫПОЛНЕН В АВТОРСКОЙ РЕДАКЦИИ)

Совокупная оценка по дисциплине складывается из оценок за выполнение контрольных работ (максимальная оценка 60 баллов) и итогового контроля в форме экзамена (максимальная оценка 40 баллов).

8.1. Примерная тематика реферативно-аналитической работы

Реферативно-аналитическая работа не предусмотрена.

8.2. Примеры контрольных вопросов для текущего контроля освоения дисциплины

Для текущего контроля предусмотрено **3 контрольные работы**. Максимальная оценка за контрольные работы составляет 60 баллов.

РАЗДЕЛЫ 1-2.

Контрольная работа №1 Решение типовых задач по разделу математические основы дисциплины «Планирование и организация проведения эксперимента».

Максимальная оценка –20 баллов. Контрольная работа № 1 включает 6 вопросов. Вопросы 1-3,6 оцениваются в 4 балла каждый, вопросы 4-5 в 2 балла каждый.

РАЗДЕЛЫ 3-4.

Контрольная работа №2 Решение типовых задач по оценке параметров однооткликowych моделей и расчету зависимости отклика от независимых параметров и дисперсии отклика по его траектории, а также оценка максимального числа, допускающих оценку констант по заданной совокупности наблюдений и установлению оптимальных условий проведения эксперимента с использованием критериев D-, A-, E- G- оптимальности плана эксперимента.

Максимальная оценка –20 баллов. Контрольная работа № 3 включает 3 вопроса по 5 баллов за 1-2 вопрос и 10 баллов за 3 вопрос.

РАЗДЕЛЫ 5-10

Контрольная работа №3 Решение типовых задач оценки параметров двуоткликowych линейнопараметризованных моделей, построения дисперсионно-ковариационных матриц оценок параметров и расчета дисперсионно-ковариационных матриц прогноза по модели как функции условий проведения эксперимента при заданных результатах серии из 3-х экспериментов и дисперсионно-ковариационных матрицах ошибок наблюдений. Построение стратегии проведения дискриминирующего эксперимента для заданных двух линейнопараметризованных моделей с использованием энтропийного критерия Кульбака или обобщенного метода отношения вероятностей.

Максимальная оценка –20 баллов. Контрольная работа № 3 включает 2 вопроса, 1 вопрос оценивается в 12 баллов, 2 вопрос оценивается в 8 баллов.

Примеры контрольных работ

Контрольная работа № 1. Решение типовых задач по разделу математические основы дисциплины «Планирование и организация проведения эксперимента».

Вариант 1

Задана функция $f(x, y) = a \cdot \sin(x) \cdot \sin(y)$

на множестве $0 \leq x \leq \pi$, $0 \leq y \leq \pi$ и

$f(x, y) = 0.0$ при $-\infty < x < 0.0$, $\pi < x < +\infty$

$-\infty < y < 0.0$, $\pi < y < +\infty$

1. Построить в заданной области на основе $f(x, y)$ плотность вероятности $p(x, y)$ случайных величин X, Y .
2. Определить математические ожидания случайных величин X, Y .
3. Определить дисперсии случайных величин X, Y и построить дисперсионно-ковариационную матрицу случайного вектора $Z = (X, Y)^T$.
4. Вычислить вероятность события $(X, Y) \in S$, где множество S состоит из элементов, удовлетворяющих следующим границам $\pi/3 < x < \pi/2$, $\pi/3 < y < \pi/2$.
5. Построить условную плотность вероятности $p(x | y = y_1)$, где $y_1 = \pi/6$.
6. Произвести замену переменных x, y на ξ, η в плотности вероятности $p(x, y)$ при условии, что

$$\begin{aligned} x &= \xi + \eta \\ y &= 2 \cdot \eta \end{aligned}$$

Контрольная работа №2 Решение типовых задач по оценке параметров однооткликовых моделей и расчету зависимости отклика от независимых параметров и дисперсии отклика по его траектории, а также оценка максимального числа, допускающих оценку констант по заданной совокупности наблюдений и установлению оптимальных условий проведения эксперимента с использованием критериев D-, A-, E- G- оптимальности плана эксперимента.

Вариант 1

Задана однооткликовая модель

$$\eta(\mathbf{z}, \boldsymbol{\theta}) = \boldsymbol{\varphi}^T(\mathbf{z}) \boldsymbol{\theta} \quad \boldsymbol{\varphi}(\mathbf{z}) = [x, y^2]^T$$

Номер опыта	Стартовый план эксперимента Условия проведения опыта	Результаты эксперимента	Дисперсия наблюдения Y
N 1	$x = 1.0$ $y = 1.0$	$Y = 2.9$	0.16
N 2	$x = 1.0$ $y = 2.0$	$Y = 6.2$	0.16
N 3	$x = 2.0$ $y = 1.0$	$Y = 1.0$	0.16

1. При предположении равноточности независимости наблюдений Y в области экспериментирования $G(x, y) \in (1. \leq x \leq 2., 1. \leq y \leq 2.)$ Определить методом наименьших квадратов оценки параметров $\boldsymbol{\theta}$ и дисперсионно-ковариационную матрицу оценок $\boldsymbol{\theta}$. Вычислить по модели значения отклика η и дисперсию отклика в точке $x = 1.5$, $y = 1.5$ области экспериментирования.

2. Показать, что взвешенная сумма дисперсий оценки поверхности отклика $\sigma^2(\mathbf{z}, \varepsilon)$, вычисленная во всех точках плана ε , равна числу оцениваемых параметров модели.
3. Записать алгоритм построения D – оптимального плана эксперимента ε^* . На основе стартового плана эксперимента ε вычислить в области экспериментирования G условия проведения четвертого опыта и дискретную вероятностную меру четырехточечного плана эксперимента ε_4 , приводящие к максимальному возрастанию детерминанта информационной матрицы плана ε_4 .

Варианты задач:

1. Для заданной линейнопараметризованной модели, вектор параметров которой двумерен, записать алгоритм построения непрерывного A-оптимального плана эксперимента.
2. Для заданной линейнопараметризованной модели, вектор параметров которой двумерен, записать алгоритм построения непрерывного E-оптимального плана эксперимента.
3. Для заданной линейнопараметризованной модели, вектор параметров которой двумерен, записать алгоритм построения непрерывного G-оптимального плана эксперимента.
4. Задана однооткликовая линейнопараметризованная модель. Проведена серия из 3-х экспериментов. Наблюдения неравноточны. Заданы дисперсии ошибок наблюдений. Определить методом наименьших квадратов оценки параметров модели, дисперсионно-ковариационную матрицу оценок параметров и дисперсию отклика модели.
5. Задана однооткликовая линейнопараметризованная модель. Проведена серия из 3-х экспериментов. Наблюдения неравноточны. Заданы дисперсии ошибок наблюдений. Определить методом максимального правдоподобия оценки параметров модели, дисперсионно-ковариационную матрицу оценок параметров и дисперсию отклика модели.
6. Задана однооткликовая нелинейнопараметризованная модель. Проведена серия из 3-х экспериментов. Наблюдения неравноточны. Заданы дисперсии ошибок наблюдений. Определить методом максимального правдоподобия оценки параметров модели, дисперсионно-ковариационную матрицу оценок параметров и дисперсию отклика модели.
7. Задана однооткликовая нелинейнопараметризованная модель. Проведена серия из 3-х экспериментов. Наблюдения неравноточны. Заданы дисперсии ошибок наблюдений. Определить методом наименьших квадратов оценки параметров модели, дисперсионно-ковариационную матрицу оценок параметров и дисперсию отклика модели.

Контрольная работа №3 Решение типовых задач оценки параметров двуоткликовых линейнопараметризованных моделей, построения дисперсионно-ковариационных матриц оценок параметров и расчета дисперсионно-ковариационных матриц прогноза по модели как функции условий проведения эксперимента при заданных результатах серии из 3-х экспериментов и дисперсионно-ковариационных матрицах ошибок наблюдений; построение стратегии проведения дискриминирующего эксперимента для заданных двух линейнопараметризованных моделей и процедуры проверки гипотез при условии, что для дискриминации моделей используется энтропийный критерий Кульбака или обобщенный метод отношения вероятностей.

Вариант 1

Задана двухоткликовая модель

$$\boldsymbol{\eta}(\mathbf{z}, \boldsymbol{\theta}) = \mathbf{F}(\mathbf{z})^T \boldsymbol{\theta}$$

$$\mathbf{F}(\mathbf{z}) = \{f(\mathbf{z})_{i,j}\}$$

$$\text{где } \mathbf{z} = (x, y)^T$$

$$f_{11}(\mathbf{z}) = x \quad f_{12}(\mathbf{z}) = x^2$$

$$f_{21}(\mathbf{z}) = y \quad f_{22}(\mathbf{z}) = y^2$$

Заданы стартовый план эксперимента ε , результаты эксперимента и дисперсионно-ковариационная матрица наблюдений

Номер опыта	Условия проведения опыта	Результаты опытов	Дисперсионно-ковариационная матрица наблюдений
N ₁	x = 1. y = 1.	$Y_1 = \begin{pmatrix} 6.0 \\ 6.0 \end{pmatrix}$	$\begin{pmatrix} 1.0 & 0.0 \\ 0.0 & 2.0 \end{pmatrix}$
N ₂	x = 2. y = 2.	$Y_2 = \begin{pmatrix} 9.8 \\ 17.8 \end{pmatrix}$	$\begin{pmatrix} 2.0 & 0.0 \\ 0.0 & 4.0 \end{pmatrix}$
N ₃	x = 1. y = 2.	$Y_3 = \begin{pmatrix} 12.0 \\ 23.8 \end{pmatrix}$	$\begin{pmatrix} 2.0 & 0.0 \\ 0.0 & 8.0 \end{pmatrix}$

Задана область экспериментирования $G(x, y) \in (1. \leq x \leq 2., 1. \leq y \leq 2.)$.

1. Определить методом наименьших квадратов оценки параметров θ двухоткликной модели и дисперсионно-ковариационную матрицу оценок параметров θ . Вычислить по модели значения вектора откликов η и дисперсионно-ковариационную матрицу вектора откликов в точке $x = 1.5, y = 1.7$ области экспериментирования G .

2. Вычислить нормированную сумму следа произведения матрицы эффективности эксперимента на дисперсионно-ковариационную матрицу вектора откликов. Суммирование ведется по всем точкам спектра плана ε .

Варианты задач:

1. Для заданной нелинейнопараметризованной модели, вектор параметров которой двумерен, записать алгоритм вычисления точечных байесовских оценок параметров и сформировать последовательную стратегию планирования эксперимента для уточнения байесовских оценок параметров. Плотность распределения вектора наблюдений известна, известны и ее параметры.

2. Даны две линейнопараметризованные однооткликные модели. Известны точечные оценки их параметров и дисперсии. Наблюдения предполагаются равноточными с заданной дисперсией. Построить стратегии проведения дискриминирующего эксперимента и процедуру проверки гипотез при условии, что для дискриминации моделей используется энтропийный критерий Кульбака.

3. Даны две линейнопараметризованные однооткликные модели. Известны точечные оценки их параметров и дисперсии. Наблюдения предполагаются равноточными с заданной дисперсией. Построить стратегии проведения дискриминирующего эксперимента и процедуру проверки гипотез при условии, что для дискриминации моделей используется обобщенный метод отношения вероятностей.

8.3. Вопросы для итогового контроля освоения дисциплины (экзамен, 3 семестр)

Билет содержит два теоретических вопроса, относящихся к разным разделам дисциплины. Максимальная оценка за первый теоретический вопрос – **10 баллов**, за второй теоретический вопрос – **30 баллов**.

Примеры вопросов для итогового контроля освоения дисциплины:

1. Скалярные и векторные случайные величины. Совместная функция распределения многомерных случайных величин, ее основные свойства. (10 баллов).
2. Скалярные и векторные случайные величины. Плотности распределения одномерных и многомерных случайных величин, их свойства (10 баллов).
3. Расчет элемента вероятности по совместной функции распределения вероятности и совместной плотности вероятности векторной случайной величины (10 баллов).
4. Определение плотности распределения вероятностей по совместной функции распределения вероятностей векторной случайной величины и обратно определение функции распределения вероятностей по плотности распределения. Оценка вероятности события попадания векторной случайной величины в заданное замкнутое множество S (10 баллов).
5. Оценка смещенных начальных и смещенных центральных моментов по плотности вероятностей векторной случайной величины. Определение математического ожидания случайного вектора и его дисперсионно-ковариационной матрицы. (10 баллов)
6. Частные функции распределения двумерного и многомерного случайного вектора. (10 баллов)
7. Определение частной плотности распределения двумерного и многомерного случайного вектора. Определение начальных моментов подмножества случайных величин по частным плотностям распределения. (10 баллов)
8. Условия статистической независимости двумерных случайных величин. Определение их по совместной функции распределения вероятностей и плотности распределения вероятностей. (10 баллов)
9. Условное распределение двумерных и многомерных случайных величин, их свойства. (10 баллов)
10. Нормальная плотность распределения вероятностей двумерной случайной величины. Условия независимости двумерного случайного вектора. Ее определение по коэффициентам корреляции. (10 баллов)
11. Нормальная плотность распределения многомерной случайной величины. Условия независимости двух подвекторов нормального случайного вектора. (10 баллов)
12. Преобразование переменных в кратных интегралах, определяющих плотность распределения вероятностей. (10 баллов)
13. Распределение линейных комбинаций линейных случайных векторов. (10 баллов)
14. Теория оценки параметров в линейно-параметризованных моделях. Определение статистики и оценки параметров моделей. Свойство оценок и их геометрическая интерпретация. (30 баллов)
15. Общая теория критериев проверки гипотез. Простые и сложные гипотезы. Критерии проверки гипотез. Критические области критериев. Ошибки первого и второго рода. Функция мощности критерия. (30 баллов)
16. Выборочный метод. Случайный выбор, распределение выборки, выборочные оценки. (10 баллов)
17. Метод максимального правдоподобия. Принцип максимального правдоподобия. Функция правдоподобия, отношение правдоподобия. Вычисление оценок

- максимального правдоподобия и их дисперсионно-ковариационной матрицы. (30 баллов)
18. Метод наименьших квадратов. Однооткликовые линейно-параметризованные модели нанопроцессов. Равноточные наблюдения. Оценка параметров моделей нанопроцессов. Вычисление дисперсионно-ковариационной матрицы оценок, значений отклика и дисперсии отклика. (30 баллов)
 19. Метод наименьших квадратов. Однооткликовые нелинейно-параметризованные модели нанопроцессов. Равноточные наблюдения. Оценка параметров моделей. Вычисление дисперсионно-ковариационной матрицы оценок, значений отклика и дисперсии отклика. (30 баллов)
 20. Метод наименьших квадратов. Однооткликовые линейно-параметризованные модели нанопроцессов. Неравноточные наблюдения. Оценка параметров моделей. Вычисление дисперсионно-ковариационной матрицы оценок, значений отклика и дисперсии отклика. (30 баллов)
 21. Метод наименьших квадратов. Многооткликовые линейно-параметризованные модели нанопроцессов. Неравноточные наблюдения. Оценка параметров моделей. Вычисление дисперсионно-ковариационной матрицы оценок, значений вектора откликов и дисперсионно-ковариационная матрица откликов. (30 баллов)
 22. Основные свойства м.н.к. оценок параметров линейно параметризованных моделей. Доказательство их свойств несмещенности и эффективности. (10 баллов)
 23. Планирование прецизионного и дискриминирующего экспериментов. Цели и задачи планирования эксперимента. Дискретные и непрерывные планы. Спектр плана. Вероятностная мера плана. (10 баллов)
 24. Планирование прецизионных экспериментов. Критерии D-, A-, E-, G-оптимальности плана. Их геометрическая интерпретация. (10 баллов)
 25. Метод случайного баланса. Экспериментальное определение доминирующих эффектов факторов, среди общей совокупности конкурирующих существенно превышающие доминирующие и общее число поставленных опытов. Теория распознавания образов и методы теории регрессионного и конфлюентного анализа для оценки числа доминирующих факторов. (30 баллов)
 26. Непрерывные планы эксперимента. Информационная матрица плана, ее свойства. (10 баллов)
 27. Непрерывные планы эксперимента. Определение величины взвешенной суммы дисперсий отклика модели и минимального значения максимальной взвешенной дисперсии. (30 баллов)
 28. Планирование динамического эксперимента. Синтез оптимальных индикаторных сигналов, процедуры отдельной и совместной подачи различных индикаторов в исследуемый объект. (30 баллов)
 29. Неявные конечно-разностные и коллокационные методы решения уравнений моделей нанопроцессов. (30 баллов)
 30. Теорема эквивалентности D- и G-оптимальных планов эксперимента. Ее роль при построении оптимальных планов оценки параметров модели. (10 баллов)
 31. Планирование экспериментов для оценки параметров многооткликовых моделей нанопроцессов. Расчет для заданного плана эксперимента взвешенного следа, произведение матрицы эффективности и дисперсионно ковариационной матрицы оценок откликов. (30 баллов)
 32. Однооткликовая линейно параметризованная модель. Метод построения D-оптимального плана эксперимента. (30 баллов)
 33. Однооткликовые нелинейно параметризованные модели нанопроцессов. Оценки их параметров. Наилучшая квазилинейная оценка. (30 баллов)

34. Принципы дискриминации однооткликковых моделей нанопроцессов. Критерий дискриминации моделей. Информационные меры предпочтения между моделями. (10 баллов)
35. Дискриминация моделей. Планирование дискриминирующего эксперимента. Критерий Кульбака. (30 баллов)
36. Принципы формирования апостериорной вероятности принятия конкурирующей модели. Теорема Байеса. Формула Байеса. (30 баллов)
37. Анализ и планирование непрерывного эксперимента для дискриминации моделей с одновременным уточнением их параметров. Критерий оптимальности плана. (30 баллов)
38. Энтропийный метод дискриминации моделей. Построение дискриминантной матрицы Кульбака. (30 баллов)
39. Энтропийный метод дискриминации моделей. Планирование дискриминирующего эксперимента. Байесовский метод выбора наилучшей модели. (30 баллов)
40. Компромиссные критерии дискриминации моделей и уточнение их параметров. Планирование эксперимента для максимизации компромиссного критерия. (30 баллов)

Фонд оценочных средств приведен в виде отдельного документа, являющегося неотъемлемой частью основной образовательной программы.

8.4. Структура и пример билета для экзамена (3 семестр)

Экзамен по дисциплине «Планирование и организация проведения эксперимента» проводится в 3 семестре и включает контрольные вопросы по всем разделам рабочей программы дисциплины. Билет состоит из 2 вопросов, относящихся к указанным разделам. Билет включает 2 теоретических задания различного уровня сложности (10 и 30 баллов), оцениваемых в зависимости от уровня сложности. Максимальная оценка – 40 баллов.

<i>«Утверждаю»</i> зав. кафедрой Глебов М.Б. _____ (Подпись) (И. О. Фамилия) «__» _____ 20__ г.	Министерство науки и высшего образования РФ
	Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева
	Кафедра кибернетики химико-технологических процессов
	28.04.02 Наноинженерия Магистерская программа – «Материалы и технологии наноинженерии»
	ПЛАНИРОВАНИЕ И ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОВЕДЕНИЯ ЭКСПЕРИМЕНТА
Билет № 10 - Нормальная плотность распределения вероятностей двумерной случайной величины. Условия независимости двумерного случайного вектора. Ее определение по коэффициентам корреляции (максимальная оценка – 10 баллов). - Дискриминация моделей. Планирование дискриминирующего эксперимента. Критерий Кульбака (максимальная оценка – 30 баллов).	

9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

9.1. Рекомендуемая литература

А) Основная литература.

1. Писаренко Е.В. Планирование и организация эксперимента в нанотехнологиях. – М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2024. –168 с.
2. Писаренко Е.В., Писаренко В.Н. Теория планирования эксперимента. М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2013. 72с.
3. Писаренко В.Н., Писаренко Е.В. Процессы адсорбции веществ на гетерогенных катализаторах: теория и методы моделирования. М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2012.72 с.

Б) Дополнительная литература.

4. Писаренко В.Н., Полянский М.А., Кафаров В.В. Планирование прецизионных и дискриминирующих экспериментов в химической кинетике. Методы планирования. М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева, 1996. 60 с.
5. Федоров В. Теория оптимального эксперимента. М.: Наука, 1971. 312 с.
6. Бард И. Нелинейное оценивание параметров. М: Статистика, 1979. 349 с.
7. Дрейнер Н., Смит Г. Прикладной регрессионный анализ. М: Финансы и статистика, 1986. 366 с.

9.2. Рекомендуемые источники научно-технической информации

- Раздаточный иллюстративный материал к лекциям.
- Презентации к лекциям.

Научно-технические журналы:

- «Российские нанотехнологии», ISSN– 1992-7223;
- «Химическая промышленность сегодня», ISSN – 0023-110X;
- «Теоретические основы химической технологии», ISSN – 0040-3571;
- «Computers and Chemical Engineering» ISSN – 0098-1354;
- «Программные продукты и системы», ISSN (печатной версии) – 0236-235X, ISSN (онлайновой версии) – 2311-2735.

9.3. Средства обеспечения освоения дисциплины

Для реализации рабочей программы дисциплины подготовлены следующие средства обеспечения освоения дисциплины:

- конспекты лекций в формате *.pdf – 17;
- компьютерные презентации интерактивных лекций – 17, (общее число слайдов – 240);
- банк вариантов контрольной работы № 1 – 30;
- банк вариантов контрольной работы № 2 – 30;
- банк вариантов контрольной работы № 3 – 30;
- демонстрационные расчётные модули по комплексным заданиям;
- предустановленное лицензионное программное обеспечение в компьютерном классе (Windows 7, MicrosoftOffice 2010).

Имеются дополнительные средства для изучения дисциплины: электронные учебные пособия, библиотека программ для решения уравнений моделей, задания к практическим занятиям (60 задач), задания к самостоятельным работам (60 задач).

При использовании электронного обучения и дистанционных образовательных технологий занятия полностью или частично проводятся в режиме онлайн.

- тематическая группа в социальной сети Вконтакте, доступ к групповым чатам (Discord), к вебинарам (Zoom, Discord, MSteams), групповой электронной почте, онлайн-конференции в Zoom, Skype.

10. ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНОМ ПРОЦЕССЕ

Информационную поддержку изучения дисциплины осуществляет Информационно-библиотечный центр (ИБЦ) РХТУ им. Д.И. Менделеева, который обеспечивает обучающихся основной учебной, учебно-методической и научной литературой, необходимой для организации образовательного процесса по дисциплине. Общий объем многоотраслевого фонда ИБЦ на 01.01.2022 составляет 1 563 142 экз.

Фонд ИБЦ располагает учебной, учебно-методической и научно-технической литературой в форме печатных и электронных изданий, а также включает официальные, справочно-библиографические, специализированные отечественные и зарубежные периодические и информационные издания. ИБЦ обеспечивает доступ к профессиональным базам данных, информационным, справочным и поисковым системам.

Каждый обучающийся обеспечен свободным доступом из любой точки, в которой имеется доступ к сети Интернет и к электронно-библиотечной системе (ЭБС) Университета, которая содержит различные издания по основным изучаемым дисциплинам и сформирована по согласованию с правообладателями учебной и учебно-методической литературы.

Для более полного и оперативного справочно-библиографического и информационного обслуживания в ИБЦ реализована технология Электронной доставки документов.

Полный перечень электронных информационных ресурсов, используемых в процессе обучения, представлен в основной образовательной программе.

11. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

В соответствии с учебным планом занятия по дисциплине проводятся в форме лекций, практических занятий и самостоятельной работы студента.

11.1. Оборудование, необходимое в образовательном процессе

Учебная аудитория для проведения лекций и практических занятий вместимостью не менее 10 человек, оборудованная электронными средствами демонстрации (компьютер со средствами звуковоспроизведения, проектор, экран) и учебной мебелью.

Компьютерный класс, насчитывающий не менее 10 посадочных мест, с предустановленным лицензионным программным обеспечением (Windows, MicrosoftExcel) и выходом в Интернет для проведения практических занятий.

Библиотека, имеющая рабочие компьютерные места для студентов, оснащённые компьютерами с доступом к базам данных и выходом в Интернет.

11.2. Учебно-наглядные пособия

Учебные пособия по дисциплине.

Электронный раздаточный материал к разделам лекционной дисциплины.

Демонстрационные расчётные модули по комплексным заданиям.

Обеспеченность современными учебными пособиями, выпущенными преподавателями кафедры КХТП для магистров, высокая. Ко всем научным изданиям и учебным пособиям, выпущенным через РИО РХТУ им. Д.И. Менделеева, имеется доступ через фонды информационно-библиотечного фонда. Кроме того, большинство дисциплин, преподаваемых на кафедре, имеют развернутую информационно-образовательную и

информационно-методическую поддержку, к ресурсам в сети Интернет.

Информационно-образовательные, информационно-методические, учебно-исследовательские ресурсы представлены на сайте кафедры <http://khttp.muctr.ru>.

11.3. Компьютеры, информационно-телекоммуникационные сети, аппаратно-программные и аудиовизуальные средства:

На кафедре КХТП для проведения занятий по дисциплине имеются персональные компьютеры с предустановленным стандартным и специализированным лицензионным программным обеспечением, приведенным в разделе 11.5. При необходимости использования аудиовизуального материала на лекциях на кафедре имеются проектор и настенный экран, а также звуковые колонки. Все компьютеры объединены в единую локальную сеть и имеют доступ к глобальной сети Интернет.

11.4. Печатные и электронные образовательные и информационные ресурсы

На кафедре КХТП используются информационно-методические материалы: инструкции по технике безопасности в компьютерном классе; методические рекомендации к практическим занятиям; учебные пособия; электронные учебные пособия; кафедральные библиотеки электронных изданий; учебно-методические разработки кафедры в электронном виде; раздаточный материал к разделам дисциплины; справочные материалы.

На кафедре КХТП используются электронные образовательные ресурсы: электронные презентации к разделам лекционного курса; электронные конспекты лекций; учебно-методические разработки в электронном виде; демонстрационные программы; специализированное программное обеспечение; справочные материалы в электронном виде.

11.5. Перечень лицензионного программного обеспечения

№ п.п.	Наименование программного продукта	Реквизиты договора поставки	Срок окончания действия лицензии	Примечание	Возможность дистанционного использования
1.	WINHOME 10 Russian OLV NL Each AcademicEdition	Контракт № 28-35ЭА/2020 от 26.05.2020	бессрочно	Лицензия на операционную систему Microsoft Windows 10. ПО, не принимающее прямого участия в образовательных процессах.	Нет
2.	Microsoft Office Professional Plus 2019 В составе: • Word • Excel • Power Point • Outlook • OneNote • Access • Publisher	Контракт №175-262ЭА/2019 от 30.12.2019	12 месяцев (ежегодное продление подписки с правом перехода на обновлённую версию продукта)	Лицензия на ПО, принимающее участие в образовательных процессах.	Нет

№ п.п.	Наименование программного продукта	Реквизиты договора поставки	Срок окончания действия лицензии	Примечание	Возможность дистанционного использования
	• InfoPath				

12. ТРЕБОВАНИЯ К ОЦЕНКЕ КАЧЕСТВА ОСВОЕНИЯ ПРОГРАММ

Формы и методы контроля и оценки результатов освоения разделов

Наименование разделов	Основные показатели оценки	Формы и методы контроля и оценки
Раздел 1. Лабораторные исследования нанопроцессов и наносистем, их цели и задачи. Лабораторные химические реакторы.	Знает: Методы планирования научного эксперимента и построения моделей нанопроцессов и наносистем, основы теории оценивания параметров линейно- и нелинейнопараметризованных моделей нанопроцессов и наносистем. Умеет: Осуществлять построение моделей нанопроцессов и наносистем и моделей экспериментального оборудования для реализации нанопроцессов. Владеет: Методами планирования непрерывного и статического эксперимента для установления оптимальной стратегии проведения экспериментальных исследований нанопроцессов и наносистем.	Оценка за контрольную работу №1 по разделам 1-2 (наивысший балл – 20). Оценка на экзамене
Раздел 2. Основы теории оценивания. Оценка параметров линейно- и нелинейнопараметризованных одно- и многооткликковых моделей нанопроцессов и наносистем.	Знает: Основы теории оценивания параметров линейно- и нелинейнопараметризованных моделей нанопроцессов и наносистем, методы проверки статистических гипотез. Умеет: Оценивать параметры линейно- и нелинейнопараметризованных одно- и многооткликковых моделей нанопроцессов и наносистем. Владеет: Методами оценки параметров линейно- и нелинейнопараметризованных моделей нанопроцессов и наносистем.	Оценка за контрольную работу 1 по разделам 1-2 (наивысший балл – 20). Оценка на экзамене
Раздел 3. Планы эксперимента. Дискретные и непрерывные планы. Критерии оптимальности планов. Численные методы построения D-оптимальных планов и минимаксных планов при исследовании нанопроцессов и	Знает: Планы эксперимента. Дискретные и непрерывные планы. Критерии оптимальности планов D-, A-, E-, G-. Метод случайного баланса. Умеет: Выбирать оптимальную стратегию проведения экспериментальных исследований при решении задач наноинженерии, использовать методы случайного баланса и построения сверхнасыщенных планов эксперимента для разработки новых материалов и новых полифункциональных катализаторов. Владеет: Методами планирования непрерывного и статического эксперимента для установления	Оценка за контрольную работу 2 по разделам 3-4 (наивысший балл – 20). Оценка на экзамене

наносистем.	оптимальной стратегии проведения экспериментальных исследований.	
Раздел 4. Теорема эквивалентности оптимальных планов.	Знает: Сущность теоремы эквивалентности. Умеет: Использовать методы случайного баланса и построения сверхнасыщенных планов эксперимента для разработки новых материалов и новых полифункциональных катализаторов. Владеет: Методами оценки параметров линейно- и нелинейнопараметризованных моделей по экспериментальным данным. Методами построения оптимальных планов на основе теоремы эквивалентности	Оценка за контрольную работу 2 по разделам 3-4 (наивысший балл – 20). Оценка на экзамене
Раздел 5. Байесовский подход к оценке параметров линейно- и нелинейно параметризованных моделей нанопроцессов и наносистем.	Знает: Байесовский подход к прецизионной оценке параметров моделей нанопроцессов. Умеет: Проводить оценку информативности эксперимента. Владеет: Методами оценки параметров линейно- и нелинейнопараметризованных моделей по экспериментальным данным.	Оценказа контрольную работу 3. Оценка на экзамене
Раздел 6. Непрерывные оптимальные планы эксперимента для оценки параметров кинетических моделей и моделей кинетики адсорбции. Синтез оптимальных тестирующих индикаторных сигналов.	Знает: Непрерывные оптимальные планы эксперимента при синтезе оптимальных тестирующих индикаторных сигналов. Умеет: Выбирать оптимальную стратегию проведения экспериментальных исследований при решении задач наноинженерии, осуществлять построение моделей нанопроцессов и наносистем и моделей экспериментального оборудования для реализации нанопроцессов, синтезировать оптимальные тестирующие индикаторные сигналы. Владеет: Методами синтеза оптимальных тестирующих индикаторных сигналов для построения высокопрецизионных моделей нанопроцессов.	Оценказа контрольную работу 3 разделам 5-10 (наивысший балл – 20). Оценка на экзамене
Раздел 7. Планирование динамического эксперимента для прецизионной оценки параметров моделей гидродинамической структуры потоков, зерна катализатора с наноцентрами, каталитического реактора.	Знает: Методы планирования динамического эксперимента для прецизионной оценки параметров моделей гидродинамической структуры потоков, зерна катализатора с наноцентрами, каталитического реактора. Умеет: Планировать проведение динамического эксперимента для оценки параметров моделей нанопроцессов и наносистем, использовать неявные конечно-разностные и коллокационные методы решения уравнений моделей нанопроцессов и наносистем. Владеет: Практическими навыками применения вычислительной техники для решения задач, изучаемых в настоящей дисциплине.	Оценказа контрольную работу 3 разделам 5-10 (наивысший балл – 20). Оценка на экзамене
Раздел 8. Проверка статистических гипотез. Простые и сложные гипотезы.	Знает: Методы проверки статистических гипотез. Критерии проверки гипотез. Функции мощности критерия, несмещенные и равномерно наиболее мощные критерии. Основы теории оценивания	Оценка за контрольную работу 3

Критерии проверки гипотез. Функция мощности критерия, несмещенные и равномерно наиболее мощные критерии.	параметров линейно- и нелинейнопараметризованных моделей нанопроцессов и наносистем Умеет: Проводить оценку надежности принятия решений о выборе наилучшей модели. Использовать методы Бартлетта и Хагао – проверки адекватности многоотклитковых моделей нанопроцессов и наносистем экспериментальным данным Владеет: Методами проверки адекватности математических моделей экспериментальным данным. Методами проверки статистических гипотез	разделам 5-10 (наивысший балл – 20). Оценка на экзамене
Раздел 9. Дискриминация математических моделей. Методы дискриминации – энтропийный, отношения вероятностей.	Знает: Методы дискриминации математических моделей – энтропийный, отношения вероятностей. Умеет: Выбирать оптимальную стратегию проведения экспериментальных исследований при решении задач наноинженерии. Осуществлять дискриминацию математических моделей нанопроцессов с использованием критериев дискриминации, основанных на качественном и количественном анализе динамических и статических свойств моделей (χ^2 -критерий, энтропийный критерий Кульбака, обобщенный критерий отношения вероятностей) Владеет: Методами дискриминации математических моделей нанопроцессов и наносистем	Оценка за контрольную работу 3 разделам 5-10 (наивысший балл – 20). Оценка на экзамене
Раздел 10. Планирование дискриминирующих экспериментов. Обобщенные критерии оптимальности.	Знает: Обобщенные критерии оптимальности при планировании дискриминирующих экспериментов при решении задач наноинженерии. Умеет: Проводить оценку надежности принятия решений о выборе наилучшей модели, выбирать оптимальную стратегию проведения экспериментальных исследований при решении задач наноинженерии. Владеет: Методами дискриминации математических моделей нанопроцессов.	Оценка за контрольную работу 3 разделам 5-10 (наивысший балл – 20). Оценка на экзамене

13. ОСОБЕННОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ДЛЯ ИНВАЛИДОВ И ЛИЦ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ

Обучение инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья осуществляется в соответствии с:

- Порядком организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры (Приказ Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 06.04.2021 № 245);

- Положением о порядке организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования – программам

бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева», принятым решением Ученого совета РХТУ им. Д.И. Менделеева от 28.12.2022, протокол № 5;

– Методическими рекомендациями по организации образовательного процесса для обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья в образовательных организациях высшего образования, в том числе оснащённости образовательного процесса (утверждены заместителем Министра образования и науки РФ А.А. Климовым от 08.04.2014 № АК-44/05вн).

Дополнения и изменения к рабочей программе дисциплины
«Планирование и организация проведения эксперимента»
 основной образовательной программы
 28.04.02 Наноинженерия
 Магистерская программа
 «Материалы и технологии наноинженерии»

Форма обучения: очная

Номер изменения/ дополнения	Содержание дополнения/изменения	Основание внесения изменения/дополнения
1		протокол заседания Ученого совета № _____ от «___» _____ 20__ г.
2		протокол заседания Ученого совета № _____ от «___» _____ 20__ г.
3		протокол заседания Ученого совета № _____ от «___» _____ 20__ г.
4		протокол заседания Ученого совета № _____ от «___» _____ 20__ г.
5		протокол заседания Ученого совета № _____ от «___» _____ 20__ г.

**Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Российский химико-технологический университет
имени Д.И. Менделеева»**

«УТВЕРЖДЕНО»

на заседании Ученого совета

РХТУ им. Д.И. Менделеева

протокол № 30 от «30» июня 2025 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«Профессионально-ориентированный перевод»

Направление подготовки 28.04.02 Наноинженерия

Магистерская программа – «Материалы и технологии наноинженерии»

Квалификация «магистр»

Москва 2025

Программа составлена:

Зав. кафедрой иностранных языков, к.филол.н, к.э.н., доцентом Кузнецовым И.А.,
Профессором, д.п.н., к.х.н. Кузнецовой Т.И.

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры иностранных языков
«30» июня 2025 г., протокол № 10.

1. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

Программа составлена в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования – магистратура по направлению подготовки **28.04.02 Нанотехнологии** (ФГОС ВО), накопленным опытом преподавания дисциплины кафедрой **Иностранных языков** РХТУ им. Д.И. Менделеева. Программа рассчитана на изучение дисциплины в течение одного семестра.

Дисциплина **«Профессионально-ориентированный перевод»** относится к факультативным дисциплинам учебного плана. Программа дисциплины предполагает, что обучающиеся имеют теоретическую и практическую подготовку в области иностранного языка и навыки, приобретенные в ходе изучения дисциплины «Иностранный язык».

Цель дисциплины – приобретение обучающимися общей, коммуникативной и профессиональной компетенций, уровень которых на отдельных этапах языковой подготовки позволяет выполнять различные виды профессионально ориентированного перевода в производственной и научной деятельности.

Задачи дисциплины:

- подготовка к профессионально-ориентированному переводу научно-технических специальных текстов путем создания у студентов пассивного и активного запаса лексики, в том числе общенаучной и специальной терминологии, необходимой для перевода научно-технических текстов по выбранной специальности;
- отработка грамматических тем, представляющих сложности при переводе в паре языков русский - английский;
- формирование базовых навыков перевода, на основе рекомендованных в программе учебников и учебных пособий по иностранным языкам для химических вузов.

Дисциплина **«Профессионально-ориентированный перевод»** преподается во 2 семестре (очная форма обучения). Контроль успеваемости студентов ведется по принятой в университете рейтинговой системе.

Рабочая программа дисциплины может быть реализована с применением электронных образовательных технологий и электронного обучения полностью или частично.

2. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Изучение дисциплины направлено на приобретение следующих **компетенций и индикаторов их достижения:**

Универсальные компетенции и индикаторы их достижения:

Наименование категории (группы) УК	Код и наименование УК	Код и наименование индикатора достижения УК
Коммуникации	УК-4. Способен применять современные коммуникативные технологии, в том числе на иностранном(ых) языке(ах), для академического и профессионального взаимодействия	УК-4.1 Знает методы и технологии коммуникации для академического и профессионального взаимодействия на государственном и иностранном языках; УК-4.2 Умеет представлять результаты академической и профессиональной деятельности на различных мероприятиях, включая международные; УК-4.3 Владеет интегративными умениями, необходимыми для написания, письменного перевода и редактирования различных текстов (рефератов, обзоров, статей и т.д.).

Профессиональные компетенции и индикаторы их достижения:

Задача профессиональной деятельности	Объект или область знания	Код и наименование ПК	Код и наименование индикатора достижения ПК	Основание (профессиональный стандарт, анализ опыта) Обобщенные трудовые функции
Тип задач профессиональной деятельности: научно-исследовательский и инновационный				
– планирование и проведение теоретических и экспериментальных исследований в области инженерных нанотехнологий с целью совершенствования объектов профессиональной деятельности, обоснования их технических характеристик, определения условий их применения и эксплуатации; – участие в составе коллектива в работах по решению инновационных проблем нанотехнологий – от идеи, фундаментальных и	– методы исследований, испытаний, диагностики и контроля качества наноматериалов, полуфабрикатов и изделий на их основе; – наноматериалы, процессы нанотехнологий и методы нанодиагностики для химии, фармацевтики, биотехнологии, энергетики, научных исследований и других областей техники	ПК-2. Способен проводить теоретические и аналитические исследования структуры и свойств функциональных и композиционных наноматериалов, осуществлять измерения и контроль параметров процессов при их получении.	ПК-2.3 Владеет навыками анализа результатов аналитических и теоретических исследований в области материалов нанотехнологий.	Профессиональный стандарт 40.011 «Специалист по научно-исследовательским и опытно-конструкторским разработкам», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 04.03.2014 № 121н. Обобщенная трудовая функция С. Проведение научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ по тематике организации. С /01.6. Осуществление научного руководства проведением исследований по отдельным задачам (уровень квалификации – 6)

прикладных исследований до создания промышленных изделий				
---	--	--	--	--

В результате изучения дисциплины студент магистратуры должен:

Знать:

- основные способы достижения эквивалентности в переводе;
- основные приемы перевода;
- языковую норму и основные функции языка как системы;
- достаточное для выполнения перевода количество лексических единиц, фразеологизмов, в том числе социальных терминов и лингвострановедческих реалий;

Уметь:

- применять основные приемы перевода;
- осуществлять письменный перевод с соблюдением норм лексической эквивалентности, соблюдением грамматических, синтаксических и стилистических норм;
- оформлять текст перевода в компьютерном текстовом редакторе;
- осуществлять перевод с соблюдением норм лексической эквивалентности, соблюдением грамматических, синтаксических и стилистических норм текста перевода и темпоральных характеристик исходного текста;

Владеть:

- методикой предпереводческого анализа текста, способствующей точному восприятию исходного высказывания;
- методикой подготовки к выполнению перевода, включая поиск информации в справочной, специальной литературе и компьютерных сетях;
- основами системы сокращенной переводческой записи при выполнении перевода;
- основной иноязычной терминологией специальности;
- основами реферирования и аннотирования литературы по специальности.

3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ

Для очной формы обучения

Вид учебной работы	Объем дисциплины		
	ЗЕ	Акад. ч.	Астр. ч.
Общая трудоемкость дисциплины	2	72	54
Контактная работа – аудиторные занятия:	0,9	34	25,5
Практические занятия (ПЗ)	0,9	34,0	25,5
Самостоятельная работа	1,1	38,0	28,5
Контактная самостоятельная работа	1,1		
Самостоятельное изучение разделов дисциплины		38	28,5
Виды контроля:	Зачет		

4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1. Разделы дисциплины и виды занятий

Очная форма обучения

№ п/п	Раздел дисциплины	Академ. часов				
		Всего	Лек- ции	Прак. зан.	Лаб. рабо- ты	Сам. рабо- та
1.	Раздел 1. Требования к профессионально-ориентированному переводу. Особенности перевода специальных текстов	24	-	12	-	12
1.1	Основные требования к профессионально-ориентированному переводу и понятие информационного поля. Специфика профессионально-ориентированных текстов. Эквивалентность, адекватность, переводимость специальных текстов.	12	-	6	-	6
1.2	Техническая терминология: характеристики. Терминология в области информационных систем в цифровой экономике. Обеспечение терминологической точности и единообразия. Способы накопления и расширения словарного запаса в процессе перевода Сравнение порядка слов в английском и русском предложениях. Изменение структуры предложения при переводе.	12	-	6	-	6
2.	Раздел 2. Лексико-грамматические проблемы перевода специальных текстов	24	-	12	-	12
2.1	Проблема неоднозначности перевода видовременных форм и ее решение. Особенности перевода различных типов предложений. Перевод страдательного залога. Трудные случаи перевода страдательного залога.	6	-	3	-	3
2.2	Условные предложения, правила и особенности их обратного перевода. Практика перевода научно-технической литературы на примере текстов по теме «Материалы и технологии нанотехнологий».	6	-	3	-	3
2.3	Перевод предложений с учетом правила согласования времен. Перевод причастия и причастных оборотов. Развитие навыков перевода на примере текстов по теме «Материалы и технологии нанотехнологий».	6	-	3	-	3

2.4	Роль инфинитива в предложении и варианты перевода на русский язык. Инфинитивные обороты. Варианты перевода на русский язык.	6	-	3	-	3
3.	Раздел 3. Интернет и ИКТ в профессионально -ориентированном переводе	24	-	10	-	14
3.1	Системы автоматизации перевода (Computer Assisted Translation Tools). Информационный и лингвистический поиск в Интернет.	12	-	6	-	6
3.2	Работа с электронными словарями и глоссариями. Редактирование текста профессионально-ориентированного перевода.	12	-	4	-	8
	ИТОГО	72	-	34	-	38

4.2 Содержание разделов дисциплины

Раздел 1. Требования к профессионально-ориентированному переводу. Особенности перевода специальных текстов

1.1. Основные требования к профессионально-ориентированному переводу и понятие информационного поля. Специфика профессионально-ориентированных текстов. Эквивалентность, адекватность, переводимость специальных текстов.

1.2. Техническая терминология: характеристики.

Терминология в области технологии высокотемпературных функциональных материалов. Обеспечение терминологической точности и единообразия. Способы накопления и расширения словарного запаса в процессе перевода Сравнение порядка слов в английском и русском предложениях. Изменение структуры предложения при переводе.

Раздел 2. Лексико-грамматические проблемы перевода специальных текстов

2.1. Проблема неоднозначности перевода видовременных форм и ее решение. Особенности перевода различных типов предложений. Перевод страдательного залога. Трудные случаи перевода страдательного залога.

2.2. Условные предложения, правила и особенности их обратного перевода. Практика перевода научно-технической литературы на примере текстов по технологии высокотемпературных функциональных материалов.

2.3. Перевод предложений с учетом правила согласования времен. Перевод причастия и причастных оборотов. Развитие навыков перевода на примере текстов по технологии высокотемпературных функциональных материалов.

2.4. Роль инфинитива в предложении и варианты перевода на русский язык. Инфинитивные обороты. Варианты перевода на русский язык.

Раздел 3. Интернет и ИКТ в профессионально -ориентированном переводе.

3.1. Системы автоматизации перевода. (Computer Assisted Translation Tools). Информационный и лингвистический поиск в Интернет.

3.2. Работа с электронными словарями и глоссариями. Редактирование текста профессионально-ориентированного перевода.

5. СООТВЕТСТВИЕ СОДЕРЖАНИЯ ТРЕБОВАНИЙ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

№	В результате освоения дисциплины студент должен:	Раздел 1	Раздел 2	Раздел 3
	Знать:			
1	– основные способы достижения эквивалентности в переводе;	+	+	+
2	– основные приемы перевода;	+		
3	– языковую норму и основные функции языка как системы;	+	+	
4	– достаточное для выполнения перевода количество лексических единиц, фразеологизмов, в том числе социальных терминов и лингвострановедческих реалий;	+	+	+
	Уметь:			
5	– применять основные приемы перевода;	+	+	+
6	– осуществлять письменный перевод с соблюдением норм лексической эквивалентности, соблюдением грамматических, синтаксических и стилистических норм;	+	+	+
7	– оформлять текст перевода в компьютерном текстовом редакторе;		+	+
8	– осуществлять перевод с соблюдением норм лексической эквивалентности, соблюдением грамматических, синтаксических и стилистических норм текста перевода и темпоральных характеристик исходного текста		+	+
	Владеть:			
9	– методикой предпереводческого анализа текста, способствующей точному восприятию исходного высказывания;		+	+
10	– методикой подготовки к выполнению перевода, включая поиск информации в справочной, специальной литературе и компьютерных сетях;	+	+	+
11	– основами системы сокращенной переводческой записи при выполнении перевода;		+	+
12	– основной иноязычной терминологией специальности;		+	+
13	– основами реферирования и аннотирования литературы по специальности.			+
В результате освоения дисциплины студент должен приобрести следующие <u>универсальные компетенции и индикаторы их достижения</u> :				
	Код и наименование УК	Код и наименование индикатора достижения УК		

14	– УК-4. Способен применять современные коммуникативные технологии, в том числе на иностранном(ых) языке(ах), для академического и профессионального взаимодействия.	– УК-4.1 Знает методы и технологии коммуникации для академического и профессионального взаимодействия на государственном и иностранном языках;	+	+	+
		– УК-4.2 Умеет представлять результаты академической и профессиональной деятельности на различных мероприятиях, включая международные;	+	+	+
		– УК-4.3 Владеет интегративными умениями, необходимыми для написания, письменного перевода и редактирования различных текстов (рефератов, обзоров, статей и т.д.);	+	+	+
В результате освоения дисциплины студент должен приобрести следующие <u>профессиональные компетенции и индикаторы их достижения:</u>					
	Код и наименование ПК	Код и наименование индикатора достижения ПК			
15	– ПК-2. Способен проводить теоретические и аналитические исследования структуры и свойств функциональных и композиционных наноматериалов, осуществлять измерения и контроль параметров процессов при их получении.	– ПК-2.3 Владеет навыками анализа результатов аналитических и теоретических исследований в области материалов нанотехнологии.	+	+	+

6. ПРАКТИЧЕСКИЕ И ЛАБОРАТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ

6.1. Практические занятия

Примерные темы практических занятий по дисциплине.

Очная форма обучения

№ п/п	№ раздела дисциплины	Темы практических занятий	Часы
1.	Раздел 1	Практическое занятие 1. Основные требования к профессионально-ориентированному переводу и понятие информационного поля. Специфика профессионально-ориентированных текстов. Эквивалентность. адекватность, переводимость специальных текстов.	6
2.	Раздел 1	Практическое занятие 2. Техническая терминология: характеристики. Терминология в области технологии высокотемпературных функциональных материалов Обеспечение терминологической точности и единообразия. Способы накопления и расширения словарного запаса в процессе перевода Сравнение порядка слов в английском и русском предложениях. Изменение структуры предложения при переводе.	6
3.	Раздел 2	Практическое занятие 3. Проблема неоднозначности перевода видовременных форм и ее решение. Особенности перевода различных типов предложений. Перевод страдательного залога. Трудные случаи перевода страдательного залога.	3
4.	Раздел 2	Практическое занятие 4. Условные предложения, правила и особенности их обратного перевода. Практика перевода научно-технической литературы на примере текстов по технологии высокотемпературных функциональных материалов.	3
5.	Раздел 2	Практическое занятие 5. Перевод предложений с учетом правила согласования времен. Перевод причастия и причастных оборотов. Развитие навыков перевода на примере текстов по технологии высокотемпературных функциональных материалов.	3
6.	Раздел 2	Практическое занятие 6. Роль инфинитива в предложении и варианты перевода на русский язык. Инфинитивные обороты. Варианты перевода на русский язык.	3
7.	Раздел 3	Практическое занятие 7. Системы автоматизации перевода (Computer Assisted Translation Tools). Информационный и лингвистический поиск в Интернет.	6
8.	Раздел 3	Практическое занятие 8. Работа с электронными словарями и глоссариями. Редактирование текста профессионально-ориентированного перевода.	4

6.2 Лабораторные занятия

Лабораторные занятия по дисциплине не предусмотрены

7. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА

Самостоятельная работа проводится с целью углубления знаний по дисциплине и предусматривает:

- ознакомление и проработку рекомендованной литературы, работу с электронно-библиотечными системами, включая переводы публикаций из научных журналов, цитируемых в базах Scopus, Web of Science, Chemical Abstracts, РИНЦ;
- посещение отраслевых выставок и семинаров;
- участие в семинарах РХТУ им. И. Менделеева по тематике дисциплины;
- подготовку к выполнению контрольных работ по материалу лекционного курса;
- подготовку к сдаче **зачета** (2 семестр) по дисциплине.

Планирование времени на самостоятельную работу, необходимого на изучение дисциплины, студентам лучше всего осуществлять на весь период изучения, предусматривая при этом регулярное повторение пройденного материала. Материал, законспектированный на лекциях, необходимо регулярно дополнять сведениями из литературных источников, представленных в рабочей программе. При работе с указанными источниками рекомендуется составлять краткий конспект материала, с обязательным фиксированием библиографических данных источника.

8. ПРИМЕРЫ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Совокупная оценка по дисциплине складывается из оценок за выполнение контрольных работ (максимальная оценка 60 баллов), оценки за реферат (максимальная оценка 10 баллов) и оценки за практическую работу (максимальная оценка 30 баллов).

8.1. Примерная тематика реферативно-аналитической работы.

1. Основы природопользования
2. Экологический мониторинг
3. Техногенные системы и экологический риск
4. Основы промышленной экологии
5. Основные проблемы химии устойчивого развития

8.2. Примеры контрольных вопросов для текущего контроля освоения дисциплины

Для текущего контроля предусмотрено 3 контрольных работы (по одной контрольной работе по каждому разделу). Максимальная оценка за контрольную работу 1 составляет: 20 баллов; за контрольную работу 2 – 20 баллов; за контрольную работу 3 – 20 баллов (1 семестр).

Раздел 1. Контрольная работа № 1.

Примеры заданий к контрольной работе № 1.

Контрольная работа содержит 3 задания:

1 задание: перевод текста с листа – 10 баллов,

2 задание: контроль лексики (50 лексических единиц) – 5 баллов,

3 задание: письменный перевод предложений на видовременные формы английского глагола – 5 баллов,
оценка за домашнюю работу и работу в аудитории – 10 баллов.

1. Прочитайте текст с последующим переводом с листа, обращая внимание на употребление видовременных форм глагола в действительном залоге.

Water purification

Water purification is the removal of contaminants from raw water to produce drinking water that is pure enough for human consumption or for industrial use. Substances that are removed during the process include parasites, bacteria, algae, viruses, fungi, minerals (including toxic metals such as Lead, Copper etc.), and man-made chemical pollutants. Many contaminants can be dangerous—but depending on the quality standards, others are removed to improve the water's smell, taste, and appearance. A small amount of disinfectant is usually intentionally left in the water at the end of the treatment process to reduce the risk of re-contamination in the distribution system. Many environmental and cost considerations affect the location and design of water purification plants. There are a number of methods commonly used to purify water. Their effectiveness is linked to the type of contaminant being treated and the type of application the water will be used for.

Filtration: This process can take the form of any of the following:

- Coarse filtration: Also called particle filtration, it can utilize anything from a 1 mm sand filter, to a filter.
- Micro filtration: Uses 1 to 0.1 micron devices to filter out bacteria. A typical implementation of this technique can be found in the brewing process.
- Ultra filtration: Removes pyroxenes, DNA and RNA fragments.
- Reverse osmosis: Often referred to as RO, reverse osmosis is the most refined degree of liquid filtration. Instead of a filter, it uses a porous material acting as a unidirectional sieve that can separate molecular-sized particles.

Distillation: Oldest method of purification. Inexpensive but cannot be used for an on-demand process. Water must be distilled and then stored for later use, making it again prone to contamination if not stored properly. Activated carbon adsorption: Operates like a magnet on chlorine and organic compounds. Ultraviolet radiation: At a certain wavelength, this might cause bacteria to be sterilized and other micro organics to be broken down. Deionization: Also known as ion exchange, it is used for producing purified water on-demand, by passing water through resin beds. Negatively charged (cationic) resin removes positive ions, while positively charged one (anionic) removes negative ions. Continuous monitoring and maintenance of the cartridges can produce the purest water.

2. Контроль лексики – 50 лексических единиц.

3. Перевод предложений на пройденный лексико-грамматический материал

The students were writing down all the data during the experiment.

The researchers will complete the experimental part of their investigation in a week.

They had already completed the experiment when he came.

This technician will have installed the new equipment in our lab by the beginning of the new year.

The production of zinc occurred much later than that of the other common metals.

A number of scientists have confirmed this suggestion.

That matter may exist in three physical states (solid, liquid and gas) is common knowledge.

According to the wave theory, light consists of rapid vibrations.

In the course of his investigations of the solar spectrum, Kirchhoff obtained a number of fundamental results.

In 1911, Ernest Rutherford put forward a model of the atom according to which the atom consists of a small, heavy, charged central nucleus surrounded by a charge distribution of the opposite sign.

Раздел 2. Контрольная работа № 2.

Примеры заданий к контрольной работе № 2.

Контрольная работа содержит 5 заданий:

1 задание: Устный перевод текста – 10 баллов,

2 задание: письменный перевод 10 предложений (без словаря) – 5 баллов,

3 задание: Контроль лексики (50 лексических единиц) – 5 баллов,

оценка за домашнюю работу и работу в аудитории – 10 баллов.

1. Прочитайте текст с последующим переводом с листа, обращая внимание на употребление видовременных форм глагола в страдательном залоге и на инфинитивные конструкции.

Solid wastes are generally composed of non-biodegradable and non-compostable biodegradable materials. The latter refer to solid wastes whose biodeterioration is not complete; in the sense that the enzymes of microbial communities that feed on its residues cannot cause its disappearance or conversion into another compound. Parts of liquid waste materials are also considered as solid wastes, where the dredging of liquid wastes will leave solid sedimentation, to which proper waste management techniques should also be applied. Solid waste pollution is when the environment is filled with non-biodegradable and non-compostable biodegradable wastes that are capable of emitting greenhouse gases, toxic fumes, and particulate matters as they accumulate in open landfills. These wastes are also capable of leaching organic or chemical compositions to contaminate the ground where such wastes lay in accumulation. Solid wastes carelessly thrown in streets, highways, and alleyways can cause pollution when they are carried off by rainwater run-offs or by flood water to the main streams, as these contaminating residues will reach larger bodies of water.

2. Письменно переведите предложения (без словаря):

The engine to be installed in this car is very powerful.

Most scientists expect major development in the nearest future to take place in biology.

One will naturally think such course of events to be disastrous not only for science but for future of mankind.

He is not only critical of the work of others, but also of his own, since he knows the man to be the least reliable of scientific instruments.

The theory suggested by Dr. McCarty is reported to fit the experimental data.

For any natural physical state to change, some changes of the condition acting upon this state must occur.

We know acids and bases to be extremely useful substance.

In this experiment scientists seemed to have included some new compounds.

To understand the nature of this phenomenon was very difficult.

The purpose of this experiment is to find a solvent for this mixture.

3. Контроль лексики – 50 лексических единиц

Контрольная работа №3. Примеры заданий к контрольной работе №3.

Контрольная работа №3 содержит 3 задания:

1 задание: перевод статьи и составление к ней аннотации – 10 баллов,

2 задание: письменный перевод предложений, содержащих пройденные грамматические конструкции – 5 баллов,

3 задание: контроль лексики (50 лексических единиц) – 5 баллов,

оценка за домашнюю работу и работу в аудитории – 10 баллов.

1. Переведите статью и составьте к ней аннотацию:

What Are the Causes of Solid Waste Pollution?

Causes of solid waste pollution are pollutants from households, industrial units, manufacturing units, commercial establishments, landfills, hospitals and medical clinics. The

pollutants from these places may be in the form of non-biodegradable matter or non-compostable degradable matter.

Trash collected from households often takes the form of plastic bags and organic waste. Solid feces flowing out of homes and into sewers pollute underground water. Commercial establishments also pile up a lot of such waste matter. Industrial units involved in manufacturing produce toxic solid waste, such as slag, from the industrial process of obtaining metals from their ores.

Hospitals and clinics also produce waste in the form of disposable syringes, used test tubes, plastic bags used for collecting blood, cotton swabs and used bandages. Such solid waste needs careful handling and disposal. The soil becomes polluted with dangerous medical waste when such matter is disposed of directly into landfills.

Solid waste is usually dumped in landfills. Landfills are large pits in the ground that act as garbage disposal places. The biodegradable matter in landfills becomes a part of the soil gradually. The toxic non-biodegradable and non-compostable matter poses a health hazard as it does not decompose but mixes with the soil and the underground water.

Industrial incinerators are used to burn trash on a large scale. They cause pollution by emitting greenhouse gases while burning solid waste.

Recycling reduces pollution by cutting down on the amount of waste that sits in landfills and clutter that dirties streets, parks, roadsides, rivers and lakes. Solid waste material that ends up in landfills causes air pollution in the form of methane gas emissions. Recycling more waste reduces the amount of methane that escapes into the air. Recycling also reducing the production of virgin resources which process contributes to pollution.

When products such as glass, paper, plastic, wood and metals are thrown away and left to rot in a landfill, their presence leads to increased pollution. Likewise, trash that is thrown on the ground by pedestrians and motorists increases pollution. That debris scatters about and becomes an eyesore and environmental hazard.

Reclaiming city streets, parks, highways and waterways from the pollution created by trash and debris is a major priority for most cities across the United States. Pollution must constantly be monitored so that it does not get out of control and become overly destructive to the environment. When people are careless with trash, their behavior can ruin land and important waterways.

In a world that is increasingly crowded, recycling is crucial in order to prevent the further sprawl of toxic landfills that threaten the delicate balance of the ecosystem. Support the planet by separating recyclable materials into bins or taking materials to recycling centers.

2. Письменно переведите предложения (без словаря)

1. The phlogiston theory is a theory that postulated that a fire-like element called phlogiston is contained within combustible bodies and released during combustion.

2. The theory attempted to explain burning processes such as combustion and rusting, which are now collectively known as oxidation.

3. The theory of phlogiston was suggested by the German Georg Ernst Stahl in the early 18th century

4. Phlogiston remained the dominant theory until the 1780s when Lavoisier showed that combustion requires a gas that has mass (oxygen) and could be measured by means of weighing closed vessels

5. The development of the electrochemical theory of chemical combinations occurred in the early 19th century as the result of the work of two scientists in particular.

6. Davy discovered nine new elements including the alkali metals by extracting them from their oxides with electric current.

7. The current model of atomic structure is the quantum mechanical model.

8. Traditional chemistry starts with the study of elementary particles, atoms, molecules, substances, metals, crystals and etc.

9. This matter can be studied in solid, liquid, or gas states, in isolation or in combination.

10. The interactions, reactions and transformations that are studied in chemistry are usually the result of interactions between atoms, leading to rearrangements of the chemical bonds which hold atoms together.

3. Контроль лексики – 50 лексических единиц

8.3. Вопросы для итогового контроля освоения дисциплины (2 семестр – зачет).

Итоговый контроль по дисциплине не предусмотрен.

Фонд оценочных средств приведен в виде отдельного документа, являющегося неотъемлемой частью основной образовательной программы.

8.4. Структура и примеры билетов для зачета (2 семестр).

Итоговый контроль по дисциплине не предусмотрен.

9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

9.1. Рекомендуемая литература

А. Основная литература

1. Английский язык для химиков – технологов: учебно-методический комплекс в 2 ч.: учеб. пособие/. Кузнецова Т. И. Воловикова Е. В. Кузнецов И. А.; под ред. Т. И. Кузнецовой – М.: М. РХТУ, 2021 г. - 412 с.

2. Кузнецов, И. А., Кузнецова, Т. И., Дистанционный образовательный электронный курс «Английский язык для профессиональной коммуникации» размещённый в ЭСУО Moodle [Электронный ресурс]: учебное пособие / И. А. Кузнецов, Т. И. Кузнецова — Электрон. дан. — Москва: РХТУ, 2018.

3. Кузьменкова, Ю. Б. Английский язык для технических направлений (А1): учебное пособие для вузов / Ю. Б. Кузьменкова. — Москва: Издательство Юрайт, 2022. — 207 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-11608-3. — Текст: электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/495261> (дата обращения: 08.02.2024).

4. Беляева, И. В. Иностранный язык в сфере профессиональной коммуникации: комплексные учебные задания [Электронный ресурс]: учебное пособие / И. В. Беляева, Е. Ю. Нестеренко, Т.И. Сорогина. — Электрон. дан. — Москва: ФЛИНТА, 2017. — 132 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/92749>.

5. Английский язык для естественно-научных направлений: учебник и практикум для вузов / Л. В. Полубиченко, Е. Э. Кожарская, Н. Л. Моргун, Л. Н. Шевырдяева; под редакцией Л. В. Полубиченко. — Москва: Издательство Юрайт, 2022. — 311 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-15168-8. — Текст: электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/489569> (дата обращения: 08.02.2024).

Б. Дополнительная литература

1. Англо-русский словарь химико-технологических терминов / Е. С. Бушмелева, Л. К. Генг, А. А. Карпова, Т. П. Рассказова. — Москва: Издательство Юрайт, 2022. — 132 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-08001-8. — Текст: электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/493385> (дата обращения: 08.02.2024).

2. Стогниева, О. Н. Английский язык для ИТ-направлений. English for Information Technology: учебное пособие для вузов / О. Н. Стогниева. — Москва: Издательство Юрайт, 2022. — 143 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-07849-7. — Текст:

электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/492791> (дата обращения: 08.02.2024).

3. Краснова, Т. И. Английский язык для специалистов в области интернет-технологий. English for Internet Technologies: учебное пособие для вузов / Т. И. Краснова, В. Н. Вичугов. — 2-е изд. — Москва: Издательство Юрайт, 2022. — 205 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-9916-8573-3. — Текст: электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/490272> (дата обращения: 08.02.2024).

9.2. Рекомендуемые источники научно-технической информации

— Раздаточный иллюстративный материал к лекциям.

— Презентации к лекциям.

Ресурсы информационно-телекоммуникационной сети Интернет:

— <http://www.openet.ru> — Система федеральных образовательных порталов. Система открытого образования. Консалтинговый центр ИОС ОО РФ;

— <http://window.edu.ru/> — Информационная система «Единое окно доступа к образовательным ресурсам»;

— <http://fepo.i-exam.ru> — ФЭПО: соответствие требованиям ФГОС;

— <https://muctr.ru> — Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева, D.Mendeleev University of Chemical Technology of Russia. Учебные планы и программы;

— <http://www.translators-union.ru> — портал Союз переводчиков России (СПР);

— <http://www.russian-translators.ru> — Национальная лига переводчиков;

— <http://www.internationalwriters.com> — The Translator's Tool Box.

Бесплатные официальные открытые ресурсы Интернет:

— <http://doaj.org/> — Directory of Open Access Journals (DOAJ); ресурс объединяет более 10000 научных журналов по различным отраслям знаний (около 2 миллионов статей) из 134 стран мира;

— <https://www.doabooks.org/> — Directory of Open Access Books (DOAB); в базе размещено более 3000 книг по различным отраслям знаний, предоставленных 122 научными издательствами;

— <https://www.biomedcentral.com/> — BioMed Central; база данных включает более 300 рецензируемых журналов по биомедицине, медицине и естественным наукам. Все статьи, размещенные в базе, находятся в свободном доступе;

— <https://arxiv.org/> — электронный ресурс arXiv; крупнейшим бесплатный архив электронных научных публикаций по разделам физики, математики, информатики, механики, астрономии и биологии. Имеется подробный тематический каталог и возможность поиска статей по множеству критериев;

— <http://www.mdpi.com/> — коллекция журналов MDPI AG; междисциплинарный цифровой издательский ресурс, является платформой для рецензируемых научных журналов открытого доступа, издающихся MDPI AG (Базель, Швейцария). Издательство выпускает более 120 разнообразных электронных журналов, находящихся в открытом доступе;

— <http://www.intechopen.com/> — издательство с открытым доступом InTech; первое и крупнейшее в мире издательство, публикующее книги в открытом доступе, около 2500 научных изданий. Основная тематическая направленность - физические и технические науки, технологии, медицинские науки, науки о жизни;

— <http://www.chemspider.com/> — база данных химических соединений ChemSpider; ChemSpider — это бесплатная химическая база данных, предоставляющая быстрый доступ к более чем 28 миллионам структур, свойств и соответственной информации. Ресурс принадлежит Королевскому химическому обществу Великобритании (Royal Society of Chemistry);

- <http://journals.plos.org/plosone/> – Коллекция журналов PLOS ONE; PLOS ONE – коллекция журналов, в которых публикуются отчеты о новых исследованиях в области естественных наук и медицины. Все журналы размещены в свободном доступе (Open Access), все статьи проходят строгое научное рецензирование;
 - <http://www.uspto.gov/> – US Patent and Trademark Office (USPTO); Ведомство по патентам и товарным знакам США — USPTO — предоставляет свободный доступ к американским патентам, опубликованным с 1976 г. по настоящее время;
 - <http://worldwide.espacenet.com/> – Espacenet - European Patent Office (EPO); Патенты (либо патентные заявки) более 50 национальных и нескольких международных патентных бюро, в том числе полные тексты патентов США, России, Франции, Японии и др.
 - http://www1.fips.ru/wps/wcm/connect/content_ru/ru – Федеральный институт промышленной собственности (ФИПС).
- Информационные ресурсы ФИПС свободного доступа:
- Электронные бюллетени. Изобретения. Полезные модели.
 - Открытые реестры российских изобретений и заявок на изобретения.
 - Рефераты российских патентных документов за 1994–2016 гг.
 - Полные тексты российских патентных документов из последнего официального бюллетеня.

9.3. Средства обеспечения освоения дисциплины

Для реализации рабочей программы подготовлены следующие средства обеспечения освоения дисциплины:

- компьютерные презентации интерактивных практических занятий;
- банк тестовых заданий для текущего контроля освоения дисциплины (общее число вопросов -300);
- банк тестовых заданий для итогового контроля освоения дисциплины (общее число вопросов 300).
- онлайн-курсы на портале study.muctr.ru "Английский язык для профессиональной коммуникации" (<https://study.muctr.ru/course/view.php?id=220>), межфакультетский образовательный онлайн курс «Теория и практика перевода» (<https://study.muctr.ru/course/view.php?id=217>), аудиозаписи текстов, предусмотренных в программе для чтения и перевода в процессе обучения.

10. ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНОМ ПРОЦЕССЕ

Информационную поддержку изучения дисциплины осуществляет Информационно-библиотечный центр (ИБЦ) РХТУ им. Д.И. Менделеева, который обеспечивает обучающихся основной учебной, учебно-методической и научной литературой, необходимой для организации образовательного процесса по дисциплине. Общий объем многоотраслевого фонда ИБЦ на 01.01.2025 г. составляет 1 563 142 экз.

Фонд ИБЦ располагает учебной, учебно-методической и научно-технической литературой в форме печатных и электронных изданий, а также включает официальные, справочно-библиографические, специализированные отечественные и зарубежные периодические и информационные издания. ИБЦ обеспечивает доступ к профессиональным базам данных, информационным, справочным и поисковым системам.

Каждый обучающийся обеспечен свободным доступом из любой точки, в которой имеется доступ к сети Интернет и к электронно-библиотечной системе (ЭБС) Университета, которая содержит различные издания по основным изучаемым

дисциплинам и сформирована по согласованию с правообладателями учебной и учебно-методической литературы.

Для более полного и оперативного справочно-библиографического и информационного обслуживания в ИБЦ реализована технология Электронной доставки документов.

Полный перечень электронных информационных ресурсов, используемых в процессе обучения, представлен в основной образовательной программе.

11. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

В соответствии с учебным планом занятия по дисциплине «*Иностранный язык*» проводятся в форме практических занятий и самостоятельной работы обучающегося.

11.1. Оборудование, необходимое в образовательном процессе:

Учебная аудитория, оборудованная электронными средствами демонстрации (компьютер со средствами звуковоспроизведения, проектор, экран) и учебной мебелью; библиотека, имеющая рабочие компьютерные места для студентов, оснащенные компьютерами с доступом к базам данных и выходом в Интернет. Компьютерный класс, оргтехника, теле-, аудио - и видеоаппаратура; мультимедийный проектор, широкоформатный экран.

11.2. Учебно-наглядные пособия:

Комплекты плакатов к разделам занятий.

11.3. Компьютеры, информационно-телекоммуникационные сети, аппаратно-программные и аудиовизуальные средства:

Персональные компьютеры, укомплектованные проигрывателями CD и DVD, принтерами и программными средствами; проекторы и экраны; цифровые камеры; копировальные аппараты; локальная сеть с выходом в Интернет.

11.4. Печатные и электронные образовательные и информационные ресурсы:

- информационно-методические материалы: учебные пособия по дисциплине; раздаточный материал к разделам занятий;
- электронные презентации к разделам занятий; учебно-методические разработки в электронном виде; справочные материалы в печатном и электронном виде;
- кафедральная библиотека электронных изданий и диссертационных работ, выполненных аспирантами и сотрудниками кафедры.

Электронные информационные ресурсы, доступные пользователям
РХТУ им. Д.И. Менделеева
в 2025 году (2 квартал)

Фонд ИБЦ на 01.01.2025 г. составляет 1 563 142 экз.

№	Электронный ресурс	Реквизиты договора (номер, дата заключения, срок действия), ссылка на сайт ЭБС, сумма договора, количество ключей	Характеристика библиотечного фонда, доступ к которому предоставляется договором
---	--------------------	---	---

1.	Электронно - библиотечная система ИБЦ РХТУ им. Д.И. Менделеева (на базе АИБС «Ирбис»)	Принадлежность – собственная РХТУ. Ссылка на сайт ЭБС – http://lib.muctr.ru/ Доступ для пользователей РХТУ с любого компьютера	Электронные версии учебных и научных изданий авторов РХТУ по всем ООП.
2.	CAS SciFinder Discovery Platform	Принадлежность – сторонняя Национальная подписка (Минобрнауки+ РФФИ) Информационное письмо РФФИ от 05.05.2025 г. № 327 С 01.01.2025.г. до 30.06.2025 г. Ссылка на сайт- https://scifinder-n.cas.org Количество ключей – доступ для пользователей РХТУ по IP-адресам неограничен.	CAS SciFinder Discovery Platform - платформа, созданная Chemical Abstracts Service подразделением Американского химического общества. CAS SciFinder - онлайн-сервис, обеспечивающий поиск и анализ информации в области химии, биохимии, фармацевтики, генетики, химической инженерии, материаловедения, нанотехнологий, физики, геологии, металлургии и других смежных дисциплин.
3.	Wiley Journals Database	Принадлежность – сторонняя Национальная подписка (Минобрнауки+ РФФИ) Информационное письмо РФФИ от 05.05.2025 г. № 326, 329 С 01.01.2025.г. до 30.06.2025 г. Ссылка на сайт- https://onlinelibrary.wiley.com Количество ключей – доступ для пользователей РХТУ по IP-адресам неограничен. Настройка удаленного доступа: https://www.wiley.com/en-us/customer-success/brightcove-research-training/how-to-access-wiley-online-library-content-remotely	John Wiley & Sons, Inc. – крупнейшее академическое издательство с мультидисциплинарным контентом. В портфолио издательства более 1600 научных рецензируемых журналов, 22 000 книг и монографий, а также 250 справочников и энциклопедий. Wiley Journal Database и Wiley Journal Backfiles – полнотекстовые коллекции, которые включают в себя как текущие, так и архивные выпуски из более чем 1700 журналов издательства, охватывающие такие области как гуманитарные, естественные, общественные и технические науки, а также сельское хозяйство, медицину и здравоохранение. Глубина доступа: 1997 - 2004 гг. (до 30.06.2025 г.); 2025 г. (бессрочно)

4.	Questel. База данных Orbit Premium edition	Принадлежность – сторонняя Национальная подписка (Минобрнауки+ РФФИ) Информационное письмо РФФИ от 25.04.2025 г. № 310 С 01.01.2025.г. до 30.06.2025 г. Ссылка на сайт- https://www.orbit.com Количество ключей – доступ для пользователей РХТУ по IP-адресам неограничен. Удаленный доступ к ресурсу только через SAML (Security Assertion Markup Language) аутентификацию.	Orbit Premium edition (Orbit Intelligence Premium) – база данных патентного поиска, объединяющая информацию о более чем 122 миллионах патентных публикаций, полученную из 120 международных патентных ведомств, включая РосПатент, Всемирную организацию интеллектуальной собственности (ВОИС), Европейскую патентную организацию. База включает не только зарегистрированные патенты, но и документы от стадии заявки до регистрации. Большинство документов содержат аннотации на английском языке, полные тексты документов приводятся на языке оригинала.
5.	Электронные ресурсы издательства SAGE Publications eBook Collections	Принадлежность – сторонняя Национальная подписка (Минобрнауки+ РФФИ) Информационное письмо РФФИ от 30.10.2022 г. № 1403 С 01.11.2022.г. – бессрочно Ссылка на сайт – https://sk.sagepub.com/books/discipline Количество ключей – доступ для пользователей РХТУ по IP-адресам неограничен.	eBook Collections - полнотекстовая коллекция электронных книг (монографий) издательства SAGE Publications по различным областям знаний. Глубина доступа: 1984 - 2021 гг.

6.	World Scientific Publishing Co Pte Ltd. База данных World Scientific Complete eJournal Collection	Принадлежность – сторонняя Национальная подписка (Минобрнауки+ РФФИ) Информационное письмо РФФИ от 15.06.2023 г. № 883 С 01.11.2022.г. до 01.06.2025 г. Ссылка на сайт- https://www.worldscientific.com Количество ключей – доступ для пользователей РХТУ по IP-адресам неограничен	World Scientific Complete eJournal Collection – мультидисциплинарная полнотекстовая коллекция журналов международного научного издательства World Scientific Publishing, которая охватывает такие тематики, как математика, физика, компьютерные науки, инженерное дело, науки о жизни, медицина и социальные науки. Особое внимание в коллекции уделено исследованиям Азиатско-тихоокеанского региона, которые объединены в группу журналов Asian Studies. Глубина доступа: 2001-2025
7.	Электронные ресурсы Springer Nature	Принадлежность – сторонняя Национальная подписка (Минобрнауки+ РФФИ) Информационное письмо РФФИ от 29.12.2022 г. № 1948 Бессрочно Ссылка на сайт- http://link.springer.com/	Springer Journals – полнотекстовая политематическая коллекция журналов издательства Springer по различным отраслям знаний, которая включает более 2 900 наименований журналов по дисциплинам: Глубина доступа: 1997 - 2024 гг.
		Бессрочно Ссылка на сайт- https://www.nature.com	Nature Journals – полнотекстовая коллекция журналов издательства Nature Publishing Group, входящего в группу компаний Springer Nature, включающая журналы издательств Nature, Academic journals, Scientific American и Palgrave Macmillan. Глубина доступа: 2007 - 2024 гг.
		Бессрочно Ссылка на сайт- http://link.springer.com/	Adis Journals – полнотекстовая коллекция журналов и информационных бюллетеней издательства Adis, размещенная на платформе Springer Nature. Коллекция включает 19 рецензируемых журналов по медицине, биомедицине и фармакологии. Глубина доступа: 2020 - 2024 гг.

		Количество ключей – доступ для пользователей РХТУ по IP-адресам неограничен. Настройка удаленного доступа к ресурсам Springer Nature на странице Remote Access сайта издательства.	
8.	Электронные ресурсы Springer Nature Physical Sciences & Engineering Package	Принадлежность – сторонняя Национальная подписка (Минобрнауки+ РФФИ) Информационное письмо РФФИ от 20.03.2024 г. № 254 Бессрочно Ссылка на сайт- http://link.springer.com/	1. Springer Journals – база данных, содержащая полнотекстовые журналы издательства Springer (год издания - 2024 г.), а именно тематические коллекции Physical Sciences & Engineering Package на платформе https://link.springer.com/
		Бессрочно Ссылка на сайт- https://www.nature.com	2. Nature Journals - база данных, содержащая полнотекстовые журналы Nature Publishing Group, а именно Nature journals (год издания - 2024 г.) тематической коллекции Physical Sciences & Engineering Package на платформе: https://www.nature.co
		Количество ключей – доступ для пользователей РХТУ по IP-адресам неограничен. Настройка удаленного доступа к ресурсам Springer Nature на странице Remote Access сайта издательства.	
9.	Электронные ресурсы Springer Nature Social Sciences Package	Принадлежность – сторонняя Национальная подписка (Минобрнауки+ РФФИ) Информационное письмо РФФИ от 20.03.2024 г. № 254 Бессрочно Ссылка на сайт- http://link.springer.com/	1. Springer Journals - база данных, содержащая полнотекстовые журналы издательства Springer (год издания - 2024 г.), а именно тематическую коллекцию Social Sciences Package на платформе: https://link.springer.com/
		Бессрочно Ссылка на сайт- https://www.nature.com	2. Nature Journals - база данных, содержащая полнотекстовые журналы издательства Springer (год издания - 2034 г.), а именно тематическую коллекцию Social Sciences Package на платформе: https://link.springer.com/
		Количество ключей – доступ для пользователей РХТУ по IP-адресам неограничен. Настройка удаленного доступа к ресурсам Springer Nature на странице Remote Access сайта издательства.	

10.	База данных 2021, 2023 eBook Collections Springer Nature	Принадлежность – сторонняя Национальная подписка (Минобрнауки+ РФФИ) Информационное письмо РФФИ от 02.08.2022 г. № 1045 Информационное письмо РФФИ от 29.12.2022 г. № 1947 Бессрочно Ссылка на сайт http://link.springer.com/ О настройках удаленного доступа к ресурсам Springer Nature на странице Remote Access сайта издательства. Количество ключей – доступ для пользователей РХТУ по IP- адресам неограничен.	Springer eBook Collections – полнотекстовая архивная коллекция электронных книг издательства Springer Nature на английском языке по различным отраслям знаний. Глубина доступа: 2005 - 2010 гг.; 2018 - 2024 гг.
11.	Электронные ресурсы AIPP Digital Archive издательства American Institute of Physics Publishing	Принадлежность – сторонняя Национальная подписка (Минобрнауки+ РФФИ) Информационное письмо РФФИ от 29.12.2022 г. № 1945 Бессрочно Ссылка на сайт- https://scitation.org Количество ключей – доступ для пользователей РХТУ по IP- адресам неограничен	AIPP Journal Collection – база данных, содержащая архивную полнотекстовую коллекцию из 29 журналов и сборников конференций издательства American Institute of Physics Publishing. в области прикладной физики и смежных областях знания. Глубина доступа: 1929-1998 гг.
12.	Электронные ресурсы AIPP E- Book Collection I + Collection II издательства American Institute of Physics Publishing	Принадлежность – сторонняя Национальная подписка (Минобрнауки+ РФФИ) Информационное письмо РФФИ от 31.10.2022 г. № 1404 С 01.11.2022 г. – бессрочно Ссылка на сайт- https://scitation.org/ebooks Количество ключей – доступ для пользователей РХТУ по IP- адресам неограничен	AIPP Ebook Collection I + AIPP Ebook Collection II – полнотекстовые коллекции книг издательства American Institute of Physics Publishing в области прикладной и химической физики, биологии, энергетики, оптики, фотоники, материаловедения и нанотехнологий и др. Глубина доступа: 2020 - 2022 гг.

13.	Bentham Science Publishers База данных Journals	Принадлежность – сторонняя Национальная подписка (Минобрнауки+ РФФИ) Информационное письмо РФФИ от 24.08.2022 г. № 1136 Бессрочно Ссылка на сайт – https://eurekaselect.com/bypublication С инструкцией по настройке удаленного доступа можно ознакомиться по ссылке Количество ключей – доступ для пользователей РХТУ по IP- адресам неограничен.	Bentham journal collection – полнотекстовая коллекция журналов издательства Bentham Science, которое публикует научные, технические и медицинские издания, охватывающие различные области от химии и химической технологии, инженерии, фармацевтических исследований и разработок, медицины до социальных наук. Глубина доступа: 2000 - 2021 гг. (до 01.06.2025 г.); 2022 - 2025 гг.
14.	Bentham Science Publishers База данных eBooks	Принадлежность – сторонняя Национальная подписка (Минобрнауки+ РФФИ) Информационное письмо РФФИ от 08.09.2022 г. № 1217 Бессрочно Ссылка на сайт – https://eurekaselect.com/bybook Количество ключей – доступ для пользователей РХТУ по IP- адресам неограничен.	Books – полнотекстовая коллекция электронных книг издательства Bentham Science Publishers, в которую включены издания по следующим областям науки: химия, физика, материаловедение, астрономия, оптика, фотоника, энергетика, инженерия, математика, статистика, информатика и вычислительная техника, медицина, фармакология, окружающая среда, бизнес, экономика, финансы и др. Глубина доступа: 2004 - 2022 гг.

15.	EBSCO eBook	Принадлежность – сторонняя Национальная подписка (Минобрнауки+ РФФИ) Информационное письмо РФФИ от 28.04.2023 г. № 708 Бессрочно Ссылка на сайт – https://web.p.ebscohost.com/ehost/search/basic?vid=0&sid=d6f3a513-2512-4b52-bd8c-4ff40c184aed%40redis Количество ключей – доступ для пользователей РХТУ по IP-адресам неограничен. Удаленный доступ по индивидуальной регистрации.	EBSCO eBooks – полнотекстовая междисциплинарная коллекция, которая включает более 5000 электронных книг от ведущих научных и университетских издательств и охватывает широкий спектр тем: бизнес, всемирная история, инженерия, литературоведение, медицина, образование, политология, религия, социальные науки, технологии, философия, экономика, языковедение и др. Глубина доступа: 2011 - 2023 гг.
16.	Научные журналы РАН	Принадлежность – сторонняя Национальная подписка (Минобрнауки+ РФФИ) Информационное письмо РФФИ от 29.10.2024 г. № 1080 Бессрочно Ссылка на сайт – https://journals.rcsi.science/ Доступ осуществляется на основе IP-адресов университета и персональной регистрации	Полнотекстовая коллекция журналов Российской академии наук включает 141 наименование журналов, охватывающих различные научные специальности. Глубина доступа: 2023-2025 Бессрочно

Бесплатные архивные коллекции, приобретенные Минобрнауки для вузов.

[Архив Издательства American Association for the Advancement of Science. Пакет «Science Classic» 1880-1996](#)

[Архив Издательства Annual Reviews. Пакет «Full Collection» 1932-2005](#)

[Архив издательства Института физики \(Великобритания\). Пакет «Historical Archive 1874-1999» с первого выпуска каждого журнала по 1999, 1874-1999](#)

[Архив издательства Nature Publishing Group. Пакет «Nature» с первого выпуска первого номера по 2010, 1869-2010](#)

[Архив издательства Oxford University Press. Пакет «Archive Complete» с первого выпуска каждого журнала по 1995, 1849-1995](#)

[Архив издательства Sage. Пакет «2010 SAGE Deep Backfile Package» с первого выпуска каждого журнала по 1998, 1890-1998](#)

[Архив издательства Taylor & Francis. Full Online Journal Archives. с первого выпуска каждого журнала по 1996, 1798-1997](#)

[Архив издательства Cambridge University Press. Пакет «Cambridge Journals Digital Archive \(CJDA\)» с первого выпуска каждого журнала по 2011, 1827-2011](#)

Бесплатные официальные открытые ресурсы Интернет:

1. Directory of Open Access Journals (DOAJ) <http://doaj.org/>
Ресурс объединяет более 10000 научных журналов по различным отраслям знаний (около 2 миллионов статей) из 134 стран мира.
2. Directory of Open Access Books (DOAB) <https://www.doabooks.org/>
В базе размещено более 3000 книг по различным отраслям знаний, предоставленных 122 научными издательствами.
3. BioMed Central <https://www.biomedcentral.com/> База данных включает более 300 рецензируемых журналов по биомедицине, медицине и естественным наукам. Все статьи, размещенные в базе, находятся в свободном доступе.
3. Электронный ресурс arXiv <https://arxiv.org/>
Крупнейшим бесплатный архив электронных научных публикаций по разделам физики, математики, информатики, механики, астрономии и биологии. критериев.
4. Коллекция журналов MDPI AG <http://www.mdpi.com/>
Многодисциплинарный цифровой издательский ресурс выпускает более 120 разнообразных электронных журналов, находящихся в открытом доступе.
5. Издательство с открытым доступом InTech <http://www.intechopen.com/>
Первое и крупнейшее в мире издательство, публикующее книги в открытом доступе, около 2500 научных изданий. Основная тематическая направленность - физические и технические науки, технологии, медицинские науки, науки о жизни.
6. База данных химических соединений ChemSpider <http://www.chemspider.com/>
ChemSpider – это бесплатная химическая база данных, предоставляющая быстрый доступ к более чем 28 миллионам структур, свойств и соответственной информации. Ресурс принадлежит Королевскому химическому обществу Великобритании (Royal Society of Chemistry).
7. Коллекция журналов PLOS ONE <http://journals.plos.org/plosone/>
PLOS ONE – коллекция журналов, в которых публикуются отчеты о новых исследованиях в области естественных наук и медицины. рецензирование.
8. US Patent and Trademark Office (USPTO) <http://www.uspto.gov/>
Ведомство по патентам и товарным знакам США — USPTO — предоставляет свободный доступ к американским патентам, опубликованным с 1976 г. По настоящее время.
9. Espacenet - European Patent Office (EPO) <http://worldwide.espacenet.com/>
Патенты (либо патентные заявки) более 50 национальных и нескольких международных патентных бюро, в том числе полные тексты патентов США, России, Франции, Японии и др.
10. Федеральный институт промышленной собственности (ФИПС)
http://www1.fips.ru/wps/wcm/connect/content_ru/ru
Информационные ресурсы ФИПС свободного доступа:
 - Электронные бюллетени. Изобретения. Полезные модели.
 - Открытые реестры российских изобретений и заявок на изобретения.
 - Рефераты российских патентных документов за 1994–2016 гг.
 - Полные тексты российских патентных документов из последнего официального бюллетеня
11. The Association for Computing Machinery (ACM) – международное некоммерческое профессиональное сообщество, основанное в 1947 году, объединяющее преподавателей, исследователей и специалистов в области вычислительной техники, информационных и компьютерных технологий. Ссылка на ресурс: <https://dl.acm.org> Ссылка на раздел Open access: <https://www.acm.org/publications/openaccess>

12. Annual Reviews – некоммерческая академическая издательская компания, выпускающая журналы с 1932 года.

В портфолио издательства 51 журнал, тематика которых охватывает области естественных и социальных наук, наук о жизни, биомедицину, экономику и др.

Ссылка на ресурс: <https://www.annualreviews.org/>

Ссылка на раздел Open access: <https://www.annualreviews.org/S2O>

13. Cambridge University Press – старейшее в мире университетское издательство, публикующее исследовательские работы, справочные и учебные материалы по широкому кругу дисциплин. Контент издательства представлен на онлайн-платформе Cambridge Core, на которой доступно 117 журналов и 372 книги открытого доступа, 317 журналов гибридного доступа.

Ссылка на ресурс: <https://www.cambridge.org/universitypress>

Ссылка на раздел Open access: <https://www.cambridge.org/core/publications/open-access>

14. The Royal Society of Chemistry включает 12 журналов «золотого» открытого доступа, кроме того, все журналы общества являются гибридными и в них могут публиковаться материалы открытого доступа.

Журналы общества охватывают основные химические науки, включая смежные области, такие как биология, биофизика, энергетика и окружающая среда, машиностроение, материаловедение, медицина и физика.

Ссылка на ресурс: <https://pubs.rsc.org/en/journals?key=title&value=current>

Ссылка на раздел Open access: <https://www.rsc.org/journals-books-databases/open-access/>

15. Taylor & Francis на сегодняшний день издательство выпускает около 180 журналов с полностью открытым доступом.

Ссылка на ресурс: <https://www.tandfonline.com/>

Ссылка на раздел Open access: <https://www.tandfonline.com/openaccess/openjournals>

16. Издательство John Wiley & Sons, Inc. включает около 230 журналов «золотого» открытого доступа и более 1300 гибридных журналов.

Ссылка на ресурс:

<https://onlinelibrary.wiley.com/action/doSearch?AllField=&ConceptID=15941&startPage=>

Ссылка на раздел Open access: <https://authorservices.wiley.com/open-research/open-access/browse-journals.htm>

11.5. Перечень лицензионного программного обеспечения:

№ п/п	Наименование программного продукта	Реквизиты договора поставки	Количество лицензий	Срок окончания действия лицензии
1.	ABBYY FineReader 10 Professional Edition	Контракт № 143- 164ЭА/2010 от 14.12.10	20 лицензий для активации на рабочих станциях	бессрочная
2.	CorelDRAW Graphics Suite X5 Education License	Контракт № 143- 164ЭА/2010 от 14.12.10	5 лицензий для активации на рабочих станциях	бессрочная
3.	Управление проектами Project expert tutorial	Контракт № 143- 164ЭА/2010 от 14.12.10	1 лицензия для активации на рабочих станциях	бессрочная
4.	Неисключительная лицензия на использование SOLIDWORKS EDU Edition 2019-2020 Network - 200 Users	Контракт №28- 35ЭА/2020 от 26.05.2020	Сетевая лицензия на 200 пользователей	бессрочная
5.	SolidWorks EDU Edition 2020-2021 Network - 200 U бессрочная sers	Контракт № 90- 133ЭА/2021 от 07.09.2021	Сетевая лицензия на 200 пользователей	бессрочная
6.	Неисключительная лицензия на право использования Учебного комплекта Компас-3D v21 на 50 мест КТПП	Контракт №189- 240ЭА/2023 от 15.01.2024	Учебный комплект программного обеспечения КОМПАС-3D v21 "Проектирование и конструирование в машиностроении" на 50 мест	бессрочная
7.	Среда разработки Delphi	Контракт № 143- 164ЭА/2010 от 14.12.10	25 лицензий для активации на рабочих станциях	бессрочная
8.	Среда разработки C++ Builder	Контракт № 143-	1 лицензия для активации на	бессрочная

		164ЭА/2010 от 14.12.10	рабочих станциях	
9.	Среда разработки Simulink Control Design Classroom new Product From 25 to 49 Concurrent Licenses (per License)	Контракт № 143- 164ЭА/2010 от 14.12.10	25 лицензий для активации на рабочих станциях	бессрочная
10.	Система проектирования СА ErWin Modeling Suite Bundle	Контракт № 143- 164ЭА/2010 от 14.12.10	1 лицензия для активации на рабочих станциях	бессрочная
11.	OriginPro 8.1 Department Wide License	Контракт № 143- 164ЭА/2010 от 14.12.10	1 лицензия для активации на рабочих станциях	бессрочная
12.	Программа обработки экспериментальных данных BioOffice ultra	Контракт № 143- 164ЭА/2010 от 14.12.10	1 лицензия для активации на рабочих станциях	бессрочная
13.	Программа обработки экспериментальных данных Chemdraw pro	Контракт № 143- 164ЭА/2010 от 14.12.10	1 лицензия для активации на рабочих станциях	бессрочная
14.	Программа обработки экспериментальных данных Chemdraw ultra	Контракт № 143- 164ЭА/2010 от 14.12.10	1 лицензия для активации на рабочих станциях	бессрочная
15.	MATLAB Academic new Product Group Licenses (per License)	Контракт № 143- 164ЭА/2010 от 14.12.10	3 лицензий для активации на рабочих станциях	бессрочная
16.	MATLAB Classroom Suite new Product From 25 to 49 Concurrent Licenses (per License)	Контракт № 143- 164ЭА/2010 от 14.12.10	25 лицензий для активации на рабочих станциях	бессрочная
17.	Instrument Control Toolbox Classroom new Product From 25 to 49 Concurrent Licenses (per License)	Контракт № 143- 164ЭА/2010 от 14.12.10	25 лицензий для активации на рабочих станциях	бессрочная
18.	Image Processing Toolbox Classroom new Product From 25 to 49 Concurrent Licenses (per License)	Контракт № 143- 164ЭА/2010 от 14.12.10	25 лицензий для активации на рабочих станциях	бессрочная
19.	Fuzzy Logic Toolbox Classroom new Product From 25 to 49 Concurrent Licenses (per License)	Контракт № 143- 164ЭА/2010	25 лицензий для активации на рабочих станциях	бессрочная

		от 14.12.10		
20.	System Identification Toolbox Classroom new Product From 25 to 49 Concurrent Licenses (per License)	Контракт № 143-164ЭА/2010 от 14.12.10	25 лицензий для активации на рабочих станциях	бессрочная
21.	Curve Fitting Toolbox Classroom new Product From 25 to 49 Concurrent Licenses (per License)	Контракт № 143-164ЭА/2010 от 14.12.10	25 лицензий для активации на рабочих станциях	бессрочная
22.	Statistics Toolbox Classroom new Product From 25 to 49 Concurrent Licenses (per License)	Контракт № 143-164ЭА/2010 от 14.12.10	25 лицензий для активации на рабочих станциях	бессрочная
23.	Global Optimization Toolbox Classroom new Product From 25 to 49 Concurrent Licenses (per License)	Контракт № 143-164ЭА/2010 от 14.12.10	25 лицензий для активации на рабочих станциях	бессрочная
24.	Partial Differential Equation Classroom new Product From 25 to 49 Concurrent Licenses (per License)	Контракт № 143-164ЭА/2010 от 14.12.10	25 лицензий для активации на рабочих станциях	бессрочная
25.	Optimization Toolbox Classroom new Product From 25 to 49 Concurrent Licenses (per License)	Контракт № 143-164ЭА/2010 от 14.12.10	25 лицензий для активации на рабочих станциях	бессрочная
26.	Curve Fitting Toolbox Classroom new Product From 25 to 49 Concurrent Licenses (per License)	Контракт № 143-164ЭА/2010 от 14.12.10	25 лицензий для активации на рабочих станциях	бессрочная
27.	NI Circuit Design Suite	Контракт № 143-164ЭА/2010 от 14.12.10	10 лицензий для активации на рабочих станциях	бессрочная
28.	Неисключительная лицензия OriginLab ORIGINPRO- New License Node-Lock License Singl Seat EDUCATIONAL	Контракт № 90-133ЭА/2021 от 07.09.2021	13 лицензий для активации на рабочих станциях	бессрочная
29.	Неисключительная лицензия Originlab Annual Maintenance Renewal OriginPro 2022b Perpetual Node-Locked Academic Licens	Контракт №72-99ЭА/2022 от 29.08.2022	13 лицензий для активации на рабочих станциях	бессрочная
30.	WINDOWS 8.1 Professional Get Genuine	Контракт № 62-	24 лицензии для активации на	бессрочная

		64ЭА/2013 от 02.12.2013	рабочих станциях	
31.	WINHOME 10 Russian OLV NL Each AcademicEdition	Контракт № 28- 35ЭА/2020 от 26.05.2020	150 лицензий для активации на рабочих станциях	бессрочная
32.	Micosoft Office Standard 2013	Контракт № 62- 64ЭА/2013 от 02.12.2013	24 лицензии для активации на рабочих станциях	бессрочная
33.	Microsoft Office Standard 2019 В составе: • Word • Excel • Power Point • Outlook	Контракт №175- 262ЭА/2019 от 30.12.2019	150 лицензий для активации на рабочих станциях	12 месяцев (ежегодное продление подписки с правом перехода на обновлённую версию продукта)
34.	Kaspersky Endpoint Security для бизнеса – Стандартный Russian Edition	Договор № 99-155ЭА- 223/2024 от 25.11.2024	-	24 месяца (продление подписки с правом перехода на обновлённую версию продукта)
35.	iSpring Suite Max	Договор № 99-155ЭА- 223/2024 от 25.11.2024	1 лицензия для активации на рабочих станциях	02.12.2025
36.	iSpring Suite версия 11	Договор № 99-155ЭА- 223/2024 от 25.11.2024	1 лицензия для активации на рабочих станциях	02.12.2025
37.	Планы Мини	Договор № 99-155ЭА- 223/2024 от 25.11.2024	1	30.09.2025
38.	Astra Linux Special Edition для 64-х разрядной платформы на базе процессорной архитектуры x86-64	Контракт №189- 240ЭА/2023	60 лицензий для активации на рабочих станциях	бессрочная

		от 15.01.2024		
39.	COMSOL Multiphysics, Лицензия на учебный класс (CKL)	Контракт № 109-132ЭА/2023 от 22.09.2023	1	бессрочная
40.	COMSOL Multiphysics, Плавающая сетевая лицензия (FNL)	Контракт № 109-132ЭА/2023 от 22.09.2023	1	бессрочная
41.	Антиплагиат.ВУЗ 5.0	Контракт № 13-143К/2025 от 30.04.2025	1	19.05.2026

12. ТРЕБОВАНИЯ К ОЦЕНКЕ КАЧЕСТВА ОСВОЕНИЯ ПРОГРАММЫ

Наименование разделов	Основные показатели оценки	Формы и методы контроля и оценки
Раздел 1. Требования к профессионально-ориентированному переводу. Особенности перевода специальных текстов.	<i>Знает:</i> – основные способы достижения эквивалентности в переводе; – основные приемы перевода; – языковую норму и основные функции языка как системы; – достаточное для выполнения перевода количество лексических единиц, фразеологизмов, в том числе социальных терминов и лингвострановедческих реалий; <i>Умеет:</i> – применять основные приемы перевода; – осуществлять письменный перевод с соблюдением норм лексической эквивалентности, соблюдением грамматических, синтаксических и стилистических норм; <i>Владеет:</i> – методикой подготовки к выполнению перевода, включая поиск информации в справочной, специальной литературе и компьютерных сетях.	Оценка за контрольную работу №1 (2 семестр)
Раздел 2. Лексико-грамматические проблемы перевода специальных текстов.	<i>Знает:</i> – основные способы достижения эквивалентности в переводе; – языковую норму и основные функции языка как системы – достаточное для выполнения перевода количество лексических единиц, фразеологизмов, в том числе социальных терминов и лингвострановедческих реалий; <i>Умеет:</i> – применять основные приемы перевода; – осуществлять письменный перевод с соблюдением норм лексической эквивалентности, соблюдением грамматических, синтаксических и стилистических норм; – оформлять текст перевода в компьютерном текстовом редакторе; – осуществлять перевод с соблюдением норм лексической эквивалентности, соблюдением	Оценка за контрольную работу №2 (2 семестр)

	грамматических, синтаксических и стилистических норм текста перевода и темпоральных характеристик исходного текста; <i>Владеет:</i> – методикой предпереводческого анализа текста, способствующей точному восприятию исходного высказывания; – методикой подготовки к выполнению перевода, включая поиск информации в справочной, специальной литературе и компьютерных сетях; – основами системы сокращенной переводческой записи при выполнении перевода; – основной иноязычной терминологией специальности.	
Раздел 3. Интернет и ИКТ в профессионально – ориентированном переводе.	<i>Знает:</i> – основные способы достижения эквивалентности в переводе; – достаточное для выполнения перевода количество лексических единиц, фразеологизмов, в том числе социальных терминов и лингвострановедческих реалий; <i>Умеет:</i> – применять основные приемы перевода; – осуществлять письменный перевод с соблюдением норм лексической эквивалентности, соблюдением грамматических, синтаксических и стилистических норм; – оформлять текст перевода в компьютерном текстовом редакторе; – осуществлять перевод с соблюдением норм лексической эквивалентности, соблюдением грамматических, синтаксических и стилистических норм текста перевода и темпоральных характеристик исходного текста; <i>Владеет:</i> – методикой предпереводческого анализа текста, способствующей точному восприятию исходного высказывания; – методикой подготовки к выполнению перевода, включая поиск информации в справочной,	Оценка за контрольную работу №3 (2 семестр) Оценка за реферат (2 семестр) Оценка за практическую работу (2 семестр)

	специальной литературе и компьютерных сетях; – основами системы сокращенной переводческой записи при выполнении перевода; – основной иноязычной терминологией специальности; – основами реферирования и аннотирования литературы по специальности.	
--	--	--

13. ОСОБЕННОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ДЛЯ ИНВАЛИДОВ И ЛИЦ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ

Обучение инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья осуществляется в соответствии с:

- Порядком организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры (Приказ Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 06.04.2021 № 245);

- Положением о порядке организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева», принятым решением Ученого совета РХТУ им. Д.И. Менделеева от 28.12.2022, протокол № 5;

- Методическими рекомендациями по организации образовательного процесса для обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья в образовательных организациях высшего образования, в том числе оснащенности образовательного процесса (утверждены заместителем Министра образования и науки РФ А.А. Климовым от 08.04.2014 № АК-44/05вн).

Дополнения и изменения к рабочей программе дисциплины

«Профессионально-ориентированный перевод»

основной образовательной программы

28.04.02 Наноинженерия

код и наименование направления подготовки (специальности)

«Материалы и технологии наноинженерии»

наименование ООП

Форма обучения: очная

Номер изменения/ дополнения	Содержание дополнения/изменения	Основание внесения изменения/дополнения
1.		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.
		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.
		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.
		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.
		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.

**Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Российский химико-технологический университет
имени Д.И. Менделеева»**

«УТВЕРЖДЕНО»

на заседании Ученого совета

РХТУ им. Д.И. Менделеева

протокол № 30 от «30» июня 2025 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«Хеометрика наносистем»

**Направление подготовки
28.04.02 Наноинженерия**

**Магистерская программа
«Материалы и технологии наноинженерии»**

Квалификация «магистр»

Москва 2025

Программа составлена профессором кафедры химического и фармацевтического инжиниринга, д.т.н., доцентом Гордиенко М.Г.

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры химического и фармацевтического инжиниринга РХТУ им. Д.И. Менделеева «05» мая 2025 г., протокол №6.

1. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

Программа составлена в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования – магистратура по направлению подготовки **28.04.02 Нанотехнологии** (ФГОС ВО), накопленным опытом преподавания дисциплины кафедрой *Химического и фармацевтического инжиниринга* РХТУ им. Д.И. Менделеева. Программа рассчитана на изучение дисциплины в течение одного семестра.

Дисциплина *«Хемометрия наносистем»* относится к части, формируемой участниками образовательных отношений блока Б1 «Дисциплины (модули)» учебного плана. Программа дисциплины предполагает, что обучающиеся имеют теоретическую и практическую подготовку в области «Математика», «Аналитическая химия и физико-химические методы анализа», «Основы кибернетики и системного анализа химико-технологических процессов».

Цель дисциплины «Хемометрия наносистем» – овладение магистрантами структурными методами и алгоритмами обработки больших массивов экспериментальных данных, в том числе многомерного статистического анализа, оптимизации аналитической информации в области нанотехнологий для химической, химико-фармацевтической и биотехнологических отраслей промышленности и медицины.

Задачи дисциплины:

- освоение магистрантами специфики методов обработки многомерных данных, поступающих с современного аналитического оборудования, применяемого при создании нанообъектов и их целевом использовании;
- приобретение практических навыков выбора адекватных методов анализа и обработки экспериментальной информации, поступающей в результате эксплуатации современного оборудования и приборов, используемых для определения свойств нанообъектов.

Дисциплина *«Хемометрия наносистем»* преподается в 1 семестре. Контроль успеваемости студентов ведется по принятой в университете рейтинговой системе.

Рабочая программа дисциплины может быть реализована с применением электронных образовательных технологий и электронного обучения полностью или частично.

2. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Изучение дисциплины направлено на приобретение следующих **компетенций и индикаторов их достижения:**

Профессиональные компетенции и индикаторы их достижения:

Задача профессиональной деятельности	Объект или область знания	Код и наименование ПК	Код и наименование индикатора достижения ПК	Основание (профессиональный стандарт, анализ опыта) Обобщенные трудовые функции
Тип задач профессиональной деятельности: научно-исследовательский				
Выполнение фундаментальных и прикладных работ поискового, теоретического и экспериментального характера с целью определения технических характеристик новой техники, а также комплекса работ по разработке технологической документации.	– Химическое, химико-технологическое производство – Сквозные виды профессиональной деятельности в промышленности (в сфере организации и проведения научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ в области химического и химико-технологического производства).	ПК-1 Способен формулировать научно-исследовательские задачи в области реализации энерго- и ресурсосбережения и решать их.	ПК-1.3 Владеет приемами обработки, анализа, интерпретации и представления результатов эксперимента, навыками подготовки научно-технических отчетов.	Профессиональный стандарт 40.011 «Специалист по научно-исследовательским и опытно-конструкторским разработкам», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 04.03.2014 № 121 н, Обобщенная трудовая функция С. Проведение научно-исследовательских и опытно-конструкторских разработок. С /01.6. Осуществление научного руководства проведением исследований по отдельным задачам (уровень квалификации – 6)
Выполнение фундаментальных и прикладных работ поискового,	- Химическое, химико-технологическое производство	ПК-2. Готов к анализу и систематизации научно-технической информации по теме исследования,	ПК-2.2 Умеет применять информационно-коммуникационные технологии для сбора,	Профессиональный стандарт «Специалист по научно-исследовательским и опытно-конструкторским

Задача профессиональной деятельности	Объект или область знания	Код и наименование ПК	Код и наименование индикатора достижения ПК	Основание (профессиональный стандарт, анализ опыта) Обобщенные трудовые функции
теоретического и экспериментального характера с целью определения технических характеристик новой техники, а также комплекса работ по разработке технологической документации	- Сквозные виды профессиональной деятельности в промышленности (в сфере организации и проведения научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ в области химического и химико-технологического производства).	выбору методик и средств решения задачи, анализу результатов и их интерпретации	структурирования и анализа информации и программно-информационные комплексы для проведения научно-исследовательских работ.	разработкам», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 04.03.2014 № 121 н, Обобщенная трудовая функция С. Проведение научно-исследовательских и опытно-конструкторских разработок. С /01.6. Осуществление научного руководства проведением исследований по отдельным задачам (уровень квалификации – 6)
– Планирование и проведение теоретических и экспериментальных исследований в области инженерных нанотехнологий с целью	– Методы исследований, испытаний, диагностики и контроля качества наноматериалов, полуфабрикатов и	ПК-4 Способен применять расчётно-теоретические методы для обработки измерений параметров, изучения и модификации свойств наноматериалов и наноструктур	ПК-4.3 Владеет навыками обработки измерений параметров и модификации свойств наноматериалов и наноструктур	Профессиональный стандарт 40.104 «Специалист по измерению параметров и модификации свойств наноматериалов и наноструктур», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты

Задача профессиональной деятельности	Объект или область знания	Код и наименование ПК	Код и наименование индикатора достижения ПК	Основание (профессиональный стандарт, анализ опыта) Обобщенные трудовые функции
совершенствования объектов профессиональной деятельности, обоснования их технических характеристик, определения условий их применения и эксплуатации. – Участие в составе коллектива в работах по решению инновационных проблем наноинженерии	изделий на их основе. – Наноматериалы, процессы нанотехнологий и методы нанодиагностики для химии, фармацевтики, биотехнологии, энергетики, научных исследований и других областей техники.	использованием современной вычислительной техники		Российской Федерации от 08.09.2015 № 611н. Обобщенная трудовая функция D: Руководство подразделениями по измерениям параметров и модификации свойств наноматериалов и наноструктур. D/01.7: Организация и контроль процессов измерений параметров и модификации свойств наноматериалов и наноструктур (уровень квалификации – 7)
– Планирование и проведение теоретических и экспериментальных исследований в области инженерных нанотехнологий с целью	– Методы исследований, испытаний, диагностики и контроля качества наноматериалов, полуфабрикатов и	ПК-5 Способен осуществлять анализ научных основ процессов и технологий производства нанопродукции, проводить измерения и	ПК-5.2 Умеет измерять и контролировать параметры технологических операций процессов производства нанопродукции	Профессиональный стандарт 40.004 «Специалист в области технологического обеспечения полного цикла производства объемных нанометаллов, сплавов, композитов на их основе и изделий из них»,

Задача профессиональной деятельности	Объект или область знания	Код и наименование ПК	Код и наименование индикатора достижения ПК	Основание (профессиональный стандарт, анализ опыта) Обобщенные трудовые функции
совершенствования объектов профессиональной деятельности, обоснования их технических характеристик, определения условий их применения и эксплуатации. – Участие в составе коллектива в работах по решению инновационных проблем наноинженерии	изделий на их основе. – Наноматериалы, процессы нанотехнологий и методы нанодиагностики для химии, фармацевтики, биотехнологии, энергетики, научных исследований и других областей техники. – Технологическое и контрольно-диагностическое оборудование для процессов нанотехнологий.	контролировать параметры технологических операций		утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 03.02.2014 № 72н. Обобщенная трудовая функция С: Процессы жизненного цикла продукции. С/05.7: Обеспечение технологических операций процесса производства нанопроductии и обслуживания технологического оборудования. Профессиональный стандарт 40.020 «Специалист в области технологического обеспечения полного цикла производства объемных нанокерамик, соединений, композитов на их основе и изделий из них», утвержденный приказом Министерства труда и

Задача профессиональной деятельности	Объект или область знания	Код и наименование ПК	Код и наименование индикатора достижения ПК	Основание (профессиональный стандарт, анализ опыта) Обобщенные трудовые функции
				социальной защиты Российской Федерации от 11.04.2014 № 234н. Обобщенная трудовая функция С: Процессы жизненного цикла продукции. С/05.7: Обеспечение технологических операций процесса производства нанопроизводства и обслуживания технологического оборудования.

В результате изучения дисциплины студент магистратуры должен:

Знать:

- предмет и метод хемометрики;
- основы теории и методы измерений;
- методы обнаружения и обработки сигналов;
- смысл операции градуирования и применяемые методы;
- основные свойства корреляционной матрицы,
- структурные методы регрессионного анализа;
- назначение стохастического факторного анализа, устойчивость статистического оценивания;
- методы разложения сложных сигналов на простые;
- методы распознавания образов, кластерного анализа.

Уметь:

- интерпретировать результаты измерений, оценивать их погрешность, формировать матрицы данных;
- выполнять статистическую обработку информации;
- выбирать адекватный метод градуирования и применять калибровочные кривые в химическом анализе;
- разрабатывать и практически применять алгоритмы обработки информации;
- разрабатывать и практически применять алгоритмы различных вариантов факторного анализа;
- определять сложность сигналов и выполнять их разрешение;
- разрабатывать и применять алгоритмы автоматической классификации.

Владеть:

- методами эксплуатации современного информационного оборудования для обработки многомодальных (многомерных) данных;
- практикой применения пакетов прикладных программ по изученной дисциплине.

3. ОБЪЁМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ

Виды учебной работы	Объём дисциплины		
	ЗЕ	Акад. ч.	Астр.ч.
Общая трудоемкость дисциплины по учебному плану	4	144	108
Контактная работа – аудиторные занятия:	1,88	68	51
в том числе в форме практической подготовки:	0,11	4	3
Лекции	0,47	17	12,75
Практические занятия (ПЗ)	0,47	17	12,75
Лабораторные работы (ЛР)	0,94	34	25,5
в том числе в форме практической подготовки:	0,11	4	3
Самостоятельная работа (СР):	2,12	76	57
Вид итогового контроля:	Зачёт с оценкой		

4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1 Разделы дисциплины и виды занятий

№	Раздел дисциплины	Акад. часов				
		Всего	Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия	Самостоятельная работа
	Введение	3	0,5	0,5	2	—
1.	Раздел 1. Обнаружение и обработка сигналов. Проекционные методы анализа данных.	27,5	2,75	2,75	4	18
1.1	Обнаружение аналитических сигналов	7,5	0,75	0,75	—	6
1.2	Обработка сигналов	8	1	1	—	6
1.3	Проекционные методы анализа данных: МГК и МПЛС	12	1	1	4	6
2.	Раздел 2. Градуирование (калибровка).	41	5,5	5,5	10	20
2.1	Постановка задачи градуирования и подготовка данных	7	1	1	—	5
2.2	Классическая калибровка	12	1,5	1,5	4	5
2.3	Обратная калибровка	12	1,5	1,5	4	5
2.4	Калибровка на латентных переменных	10	1,5	1,5	2	5
3.	Раздел 3. Классификация.	33,5	3,75	3,75	8	18
3.1	Постановка задачи классификации и подготовка данных	5,5	0,75	0,75	—	4
3.2	Классификация с учителем	14	1,5	1,5	4	7
3.3	Классификация без учителя	14	1,5	1,5	4	7
4.	Раздел 4. Разрешение многомерных кривых.	39	4,5	4,5	10	20
4.1	Постановка задачи, условия разрешимости, особенности хроматографических и кинетических типов данных	9,5	0,75	0,75	2	6

№	Раздел дисциплины	Акад. часов				
		Всего	Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия	Самостоятельная работа
4.2	Факторный анализ	14,5	1,75	1,75	4	7
4.3	Итерационные методы	14,5	1,75	1,75	4	7
	ИТОГО	144	17	17	34	76

4.2 Содержание разделов дисциплины

Введение. Предмет и методы хемометрики в рамках аналитических методов, используемых в химической технологии, биотехнологии и нефтехимии. Цели и задачи курса. Методические рекомендации студентам.

Раздел 1. Обнаружение и обработка сигналов. Проекционные методы анализа данных.

1.1 Обнаружение аналитических сигналов. Связь аналитического сигнала с измеряемой физической характеристикой нанообъектов. Обнаружение сигналов аналита и фона. Предел обнаружения. Точечное и интервальное оценивание предела обнаружения сигнала. Проверка гипотез об отличии сигнала аппарата от сигнала фона. Определение погрешности обнаружения сигнала аналита по неравенству Чебышева. Непараметрические критерии. Критерий Вилкоксона.

1.2 Обработка сигналов. Регрессионный анализ как основной метод обработки сигналов. Методы наименьших квадратов и максимального правдоподобия. Методы увеличения отношения «сигнал/шум»: фильтрация и модуляция сигналов. Спектральный анализ: быстрое преобразование Фурье, преобразование Адамара.

1.3 Проекционные методы анализа данных: МГК и МПЛС. Изучение проекционных методов анализа: метод главных компонент (МГК) и метод проекции на латентные структуры (МПЛС). Матрицы счетов, нагрузок и остатков. Требования к матрице исходных данных. Алгоритм МГК и МПЛС. Анализ результатов, полученных проекционными методами.

Раздел 2. Градуирование (калибровка).

2.1 Постановка задачи градуирования и подготовка данных. Постановка задачи градуировки при определении характеристик промышленных нанообъектов. Линейная и нелинейная градуировка. Калибровка и проверка, критерии оценки качества калибровки. Неопределенность, точность и воспроизводимость. Проблемы недооценки и переоценки. Проблема с мультиколлинеарностью при многомерной калибровке. Требования к анализируемым данным.

2.2 Классическая калибровка. Калибровка по одному каналу (однофакторная). Метод Фирордта на примере анализа спектров. Непрямая калибровка.

2.3 Обратная калибровка. Метод множественной линейной регрессии. Метод пошаговой калибровки как способ снижения переоценки.

2.4 Калибровка на латентных переменных. Применение проекционных методов, как инструмента градуирования. Определение эффективной размерности многомерных данных. Анализ взаимоотношений образцов, содержащих нанообъекты. Исследование роли переменных. Регрессия на латентных переменных и ее практическое применение. Регрессия на главные компоненты.

Раздел 3. Классификация.

3.1 Постановка задачи классификации и подготовка данных. Постановка задачи классификации: обучение с учителем и без. Ошибка классификации. Рост сложности задачи с ростом числа переменных. Подготовка данных.

3.2 Классификация с учителем. Методы классификации с учителем: линейный дискриминантный анализ, квадратичный дискриминантный анализ, метод PLS дискриминации, формальное независимое моделирование аналогий классов, метод k ближайших соседей.

3.3 Классификация без учителя. Применение метода главных компонент для классификации образцов. Кластеризация с помощью K-средних.

Раздел 4. Разрешение многомерных кривых.

4.1 Постановка задачи, условия разрешимости, особенности хроматографических и кинетических типов данных. Постановка задачи разрешения многомерных кривых. Проблема неоднозначности решения и условия разрешимости. Особенности данных различного типа. Применение метода главных компонент для оценки

числа химических компонентов для поиска решения задачи разрешения кривых и для создания основы для факторного анализа.

4.2 Факторный анализ. Шкалирующие и вращающие преобразования. Прокрустов анализ. Эволюционный факторный анализ. Оконный факторный анализ.

4.3 Итерационные методы. Итерационный целевой факторный анализ. Метод чередующихся наименьших квадратов. Кинетическое моделирование спектральных данных.

5. СООТВЕТСТВИЕ СОДЕРЖАНИЯ ТРЕБОВАНИЯМ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

№	В результате освоения дисциплины студент должен:	Раздел 1	Раздел 2	Раздел 3	Раздел 4
	<i>Знать:</i>				
1	предмет и методы хемометрики	+	+	+	+
2	основы теории и методы измерений	+			
3	методы обнаружения и обработки сигналов	+	+		+
4	смысл операции градуирования и применяемые методы		+		
5	основные свойства корреляционной матрицы		+		
6	структурные методы регрессионного анализа		+		
7	назначение стохастического факторного анализа, устойчивость статистического оценивания				+
8	методы разложения сложных сигналов на простые				+
9	методы распознавания образов, кластерного анализа			+	
	<i>Уметь:</i>				
10	интерпретировать результаты измерений, оценивать их погрешность, формировать матрицы данных	+	+	+	+
11	выполнять статистическую обработку информации	+	+	+	+
12	выбирать адекватный метод градуирования и применять калибровочные кривые в химическом анализе		+	+	+
13	разрабатывать и практически применять алгоритмы обработки информации		+	+	+
14	разрабатывать и практически применять алгоритмы различных вариантов факторного анализа				+
15	определять сложность сигналов и выполнять их разрешение			+	
16	разрабатывать и применять алгоритмы автоматической классификации	+	+	+	+
	<i>Владеть:</i>				
17	методами эксплуатации современного информационного оборудования для обработки многомерных (многомерных) данных		+	+	+
18	практикой применения пакетов прикладных программ по изученной дисциплине	+	+	+	+

№	В результате освоения дисциплины студент должен:		Раздел 1	Раздел 2	Раздел 3	Раздел 4
В результате освоения дисциплины студент должен приобрести следующие <i>профессиональные компетенции и индикаторы их достижения:</i>						
	Код и наименование ПК	Код и наименование индикатора достижения ПК				
19	ПК-1 Способен формулировать научно-исследовательские задачи в области реализации энерго- и ресурсосбережения и решать их.	ПК-1.3 Владеет приемами обработки, анализа, интерпретации и представления результатов эксперимента, навыками подготовки научно-технических отчетов.	+	+	+	+
20	ПК-2 Готов к анализу и систематизации научно-технической информации по теме исследования, выбору методик и средств решения задачи, анализу результатов и их интерпретации.	ПК-2.2 Умеет применять информационно-коммуникационные технологии для сбора, структурирования и анализа информации и программно-информационные комплексы для проведения научно-исследовательских работ.	+	+	+	+
21	ПК-4 Способен применять расчётно-теоретические методы для обработки измерений параметров, изучения и модификации свойств наноматериалов и наноструктур с использованием современной вычислительной техники	ПК-4.3 Владеет навыками обработки измерений параметров и модификации свойств наноматериалов и наноструктур	+	+	+	+
22	ПК-5 Способен осуществлять анализ научных основ процессов и технологий производства нанопродукции, проводить измерения и контролировать параметры технологических операций	ПК-5.2 Умеет измерять и контролировать параметры технологических операций процессов производства нанопродукции	+	+	+	+

6. ПРАКТИЧЕСКИЕ И ЛАБОРАТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ

6.1 Практические занятия

Примерные темы практических занятий по дисциплине

№ п/п	№ раздела дисциплины	Темы практических занятий	Часы
1	1	Подготовка данных. Вычислительные алгоритмы для проекционных методов (МГК, МПЛС)	3,25
2	2	Вычислительные алгоритмы для решения задач градуирования. Критерии для проверки моделей	5,5
3	3	Подготовка данных. Вычислительные алгоритмы для решения задач классификации с учителем и без	3,75
4	4	Вычислительные алгоритмы для реализации методов разрешения многомерных кривых	4,5

6.2 Лабораторные занятия

Выполнение лабораторного практикума способствует закреплению материала, изучаемого в дисциплине *«Хеометрика наносистем»*, а также способствует приобретению практических навыков в области масштабирования и трансфера технологий.

Максимальное количество баллов за выполнение лабораторного практикума составляет 10 баллов (максимально 1,25 балла за каждую работу). Количество работ и баллов за каждую работу может быть изменено в зависимости от их трудоемкости.

№	№ раздела дисциплины	Наименование лабораторных работ	Часы
1	1	Введение. Знакомство с программным обеспечением (возможно использование следующего ПО: MS Excel, Mathlab, Octave, Ststistica). Реализация операций матричных вычислений, статистических функций, специальных функций в зависимости от используемого в процессе обучения ПО	2
2	1	Реализация проекционных методов анализа данных с использованием ПО на тестовом примере	4
3	2	Реализация методов классической и обратной калибровки данных с использованием ПО на тестовом примере	4
4	2	Реализация метода калибровки регрессией на главные компоненты и на латентных переменных с использованием ПО на тестовом примере	6
5	3	Реализация методов классификации с учителем с использованием ПО на тестовом примере	4
6	3	Реализация методов классификации с (продолжение) и без учителя с использованием ПО на тестовом примере	4
7	4	Реализация методов факторного анализа для разрешения многомерных кривых с использованием ПО на тестовом примере	6
8	4	Реализация итерационных методов факторного анализа для разрешения многомерных кривых с использованием ПО на тестовом примере	4

7. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА

Рабочей программой дисциплины *«Хемометрика наносистем»* предусмотрена самостоятельная работа студента магистратуры в объеме 76 акад. ч. Самостоятельная работа проводится с целью углубления знаний по дисциплине и предусматривает:

- ознакомление и проработку рекомендованной литературы, работу с электронно-библиотечными системами, включая переводы публикаций из научных журналов, цитируемых в базах Scopus, Web of Science, Chemical Abstracts, РИНЦ;
- посещение отраслевых выставок и семинаров;
- участие в семинарах РХТУ им. И. Менделеева по тематике дисциплины;
- подготовку к выполнению контрольных работ по материалу лекционного курса;
- подготовку к сдаче зачета с оценкой (1 семестр) и лабораторного практикума (1 семестр) по дисциплине *«Хемометрика наносистем»*.

Планирование времени на самостоятельную работу, необходимого на изучение дисциплины, студентам лучше всего осуществлять на весь период изучения, предусматривая при этом регулярное повторение пройденного материала. Материал, законспектированный на лекциях, необходимо регулярно дополнять сведениями из литературных источников, представленных в рабочей программе. При работе с указанными источниками рекомендуется составлять краткий конспект материала, с обязательным фиксированием библиографических данных источника.

8. ПРИМЕРЫ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

(РАЗДЕЛ ВЫПОЛНЕН В АВТОРСКОЙ РЕДАКЦИИ)

8.1 Примерная тематика реферативно-аналитической работы

Дисциплиной *«Хемометрика наносистем»* не предусмотрено выполнение реферативно-аналитической работы.

8.2 Примеры контрольных вопросов для текущего контроля освоения дисциплины

Текущий контроль приобретения практических навыков при выполнении лабораторных работ проверяется путем выдачи заданий для самостоятельной работы. Предусмотрено 5 самостоятельных работ. Работы выполняются во время аудиторных занятий каждым студентом индивидуально. За каждую работу студент может максимально получить 8 баллов. Варианты работы 1 отличаются только выдаваемыми в электронном виде исходными данными. Варианты работы 2-5 отличаются как исходными данными, так и используемыми методами хемометрического анализа данных. В этом случае варианты распределяются в случайном порядке.

Пример самостоятельной работы №1

1. Считать данные из файла.
2. Отобразить данные на boxplot диаграмме, сохранить диаграмму как рисунок, вставить в текстовый редактор и добавить выводы о данных.
3. Провести нормирование данных и отобразить нормированные данные на boxplot диаграмме; сохранить диаграмму как рисунок, вставить в текстовый редактор и добавить выводы о данных.
4. Произвести обработку данных, используя метод главных компонент.
5. Вставить в текстовый редактор таблицу с коэффициентами и проанализировать первые 4-е компоненты на предмет того, какие именно факторы вносят

наибольший вклад в компоненты; подтвердить выводы графиками счетов, выделив на них группы.

6. Построить проекции факторных нагрузок в пространстве:

- 1-2 компонент;
- 2-3 компонент;
- 1 и 3 компонент;
- 1-3 компонент.

и провести анализ полученных графиков, а именно, указать наличие и отсутствие прямых и обратных зависимостей между рассматриваемыми значениями; результаты и выводы внести в текстовый файл.

Факторы на графиках должны быть подписаны!

7. Построить диаграмму Парето и по ней сделать вывод о том, сколько компонент достаточно для описания 50 %, 80 % и 90 % дисперсии.

8. Отправьте отчет преподавателю на указанный электронный адрес.

Примеры самостоятельной работы №2

Вариант 1

1. Загрузите данные в матлаб из файла GradWork1. Ознакомьтесь с данными:
 - ConcSpectrStudy – значение концентраций для образцов из обучающей выборки (каждая строка содержит две концентрации: Ca и Cб)
 - ConcSpectrTest – значение концентраций для образцов из тестовой выборки (каждая строка содержит две концентрации: Ca и Cб)
 - lambda – вектор, содержащий длины волн
 - PureA – чистый спектр для вещества А
 - PureB – чистый спектр для вещества Б
 - SpectrStudy – значения спектров для образцов из обучающей выборки (каждый столбец соответствует спектру 1 смеси)
 - SpectrTest – значения спектров для образцов из тестовой выборки (каждый столбец соответствует спектру 1 смеси)
2. Постройте график чистых спектров для веществ А и Б
3. Используя метод одноканальной калибровки определите коэффициенты уравнений калибровки отдельно для вещества А и отдельно для вещества Б:
где Y – спектр; X – концентрация. Возьмите для вещества А канал 30; для вещества Б – канал 90. Используйте для расчета в матлаб функцию polyfit. Сохраните значения констант в файл отчета.
4. Рассчитайте прогнозируемые значения интенсивности (спектра) для каналов 30 и 90, используя в матлаб функцию polyval. Отобразите графики «измерено-предсказано» для обучающей и тестовой выборок. Сохраните графики в файл отчета.
5. Рассчитайте прогнозируемые значения концентраций используя выражение:
Отобразите графики «измерено-предсказано» для значений концентрация для двух веществ для обучающей и тестовой выборок. Сохраните графики в файл отчета.
6. Рассчитайте критерии (используйте значения концентраций) и сохраните их в файл отчета: полную дисперсию остатков, объясненную дисперсию остатков, стандартную ошибку и коэффициент корреляции для значений концентраций.
7. В файле отчета сделайте вывод о полученных результатах. Отправьте отчет на указанный электронный адрес. В теме письма укажите ФИО, группу.

Вариант 2

1. Загрузите данные в матлаб из файла GradWork1. Ознакомьтесь с данными:
 - ConcSpectrStudy – значение концентраций для образцов из обучающей выборки (каждая строка содержит две концентрации: Ca и Cб)

- ConcSpectrTest – значение концентраций для образцов из тестовой выборки (каждая строка содержит две концентрации: C_A и C_B)
 - lambda – вектор, содержащий длины волн
 - PureA – чистый спектр для вещества А
 - PureB – чистый спектр для вещества Б
 - SpectrStudy – значения спектров для образцов из обучающей выборки (каждый столбец соответствует спектру 1 смеси)
 - SpectrTest – значения спектров для образцов из тестовой выборки (каждый столбец соответствует спектру 1 смеси)
2. Постройте график чистых спектров для веществ А и Б
 3. Используя метод Фирарда определите коэффициенты уравнения калибровки: где Y – значения спектров, X – значения концентраций. При расчетах используйте следующие каналы: 30 для вещества А и 90 для вещества Б. Полученные значения внесите в файл отчета.
 4. Рассчитайте прогнозируемые значения интенсивности (спектра) для каналов 30 и 90 для обучающих и тестовых выборок, используя выражение:
Отобразите графики «измерено-предсказано» для обучающей и тестовой выборок. Сохраните графики в файл отчета.
 5. Рассчитайте прогнозируемые значения концентраций для обучающих и тестовых выборок, используя выражение:
Отобразите графики «измерено-предсказано» для значений концентрация для двух веществ для обучающей и тестовой выборок. Сохраните графики в файл отчета.
 6. Рассчитайте критерии (используйте значения концентраций) и сохраните их в файл отчета: полную дисперсию остатков, объясненную дисперсию остатков, среднеквадратичные остатки калибровки, величины смещения, стандартную ошибку и коэффициент корреляции для значений концентраций.
 7. В файле отчета сделайте вывод о полученных результатах. Отправьте отчет на указанный электронный адрес. В теме письма укажите ФИО, группу.

Вариант 3

1. Загрузите данные в матлаб из файла GradWork1. Ознакомьтесь с данными:
 - ConcSpectrStudy – значение концентраций для образцов из обучающей выборки (каждая строка содержит две концентрации: C_A и C_B)
 - ConcSpectrTest – значение концентраций для образцов из тестовой выборки (каждая строка содержит две концентрации: C_A и C_B)
 - lambda – вектор, содержащий длины волн
 - PureA – чистый спектр для вещества А
 - PureB – чистый спектр для вещества Б
 - SpectrStudy – значения спектров для образцов из обучающей выборки (каждый столбец соответствует спектру 1 смеси)
 - SpectrTest – значения спектров для образцов из тестовой выборки (каждый столбец соответствует спектру 1 смеси)
2. Постройте график чистых спектров для веществ А и Б
3. Используя метод не прямой калибровки, определите коэффициенты уравнения калибровки: где Y – значения спектров, X – значения концентраций. Полученные значения внесите в файл отчета.
4. Рассчитайте прогнозируемые значения спектра для обучающих и тестовых выборок, используя выражение:
Отобразите графики экспериментальных и рассчитанных спектров для обучающей и тестовой выборок. Сохраните графики в файл отчета.
5. Рассчитайте прогнозируемые значения концентраций для обучающих и тестовых выборок, используя выражение:

Отобразите графики «измерено-предсказано» для значений концентрации для двух веществ для обучающей и тестовой выборок. Сохраните графики в файл отчета.

6. Рассчитайте критерии (используйте значения концентраций) и сохраните их в файл отчета: полную дисперсию остатков, объясненную дисперсию остатков, среднеквадратичные остатки калибровки, величины смещения, стандартную ошибку и коэффициент корреляции для значений концентраций.

7. В файле отчета сделайте вывод о полученных результатах. Отправьте отчет на указанный электронный адрес. В теме письма укажите ФИО, группу.

Вариант 4

1. Загрузите данные в матлаб из файла GradWork1. Ознакомьтесь с данными:
 - ConcSpectrStudy – значение концентраций для образцов из обучающей выборки (каждая строка содержит две концентрации: Ca и Cб)
 - ConcSpectrTest – значение концентраций для образцов из тестовой выборки (каждая строка содержит две концентрации: Ca и Cб)
 - lambda – вектор, содержащий длины волн
 - PureA – чистый спектр для вещества А
 - PureB – чистый спектр для вещества Б
 - SpectrStudy – значения спектров для образцов из обучающей выборки (каждый столбец соответствует спектру 1 смеси)
 - SpectrTest – значения спектров для образцов из тестовой выборки (каждый столбец соответствует спектру 1 смеси)
2. Постройте график чистых спектров для веществ А и Б
3. Используя метод множественной линейной регрессии, определите коэффициенты уравнения калибровки: где Y – значения концентраций, X – значения спектров.

Перед расчетом определите число каналов. Возьмите требуемое количество каналов, начиная с 15 с шагом 10. Полученные значения внесите в файл отчета.

4. Рассчитайте прогнозируемые значения концентраций для обучающих и тестовых выборок, используя выражение:

Отобразите графики экспериментальных и рассчитанных спектров для обучающей и тестовой выборок. Сохраните графики в файл отчета.

5. Рассчитайте критерии (используйте значения концентраций) и сохраните их в файл отчета: полную дисперсию остатков, объясненную дисперсию остатков, среднеквадратичные остатки калибровки, величины смещения, стандартную ошибку и коэффициент корреляции для значений концентраций.

6. В файле отчета сделайте вывод о полученных результатах. Отправьте отчет на указанный электронный адрес. В теме письма укажите ФИО, группу.

Вариант 5

1. Загрузите данные в матлаб из файла GradWork1. Ознакомьтесь с данными:
 - ConcSpectrStudy – значение концентраций для образцов из обучающей выборки (каждая строка содержит две концентрации: Ca и Cб)
 - ConcSpectrTest – значение концентраций для образцов из тестовой выборки (каждая строка содержит две концентрации: Ca и Cб)
 - lambda – вектор, содержащий длины волн
 - PureA – чистый спектр для вещества А
 - PureB – чистый спектр для вещества Б
 - SpectrStudy – значения спектров для образцов из обучающей выборки (каждый столбец соответствует спектру 1 смеси)
 - SpectrTest – значения спектров для образцов из тестовой выборки (каждый столбец соответствует спектру 1 смеси)

2. Постройте график чистых спектров для веществ А и Б
3. Используя пошаговый метод множественной калибровки определите коэффициенты для уравнения калибровки для вещества А: где Y – концентрация вещества А; X – значение интенсивности (спектра) для выбранного(ых) канала(ов).

Возьмите для вещества А следующие варианты каналов (всего 5 расчетов):

- a. 24
- b. 24 и 86
- c. 24, 86, 11
- d. 24, 86, 11, 30
- e. 24, 86, 11, 30, 55

Внесите в файл отчета полученные значения коэффициентов.

4. Рассчитайте прогнозируемые значения концентраций для 5 вариантов из п.3 по обучающей выборке и тестовой выборке, используя в матлаб функцию `polyval`. Внесите полученные значения в файл отчета.

5. Рассчитайте среднеквадратичные остатки для обучающей и тестовой выборки (используйте значения концентраций). Отобразите зависимости среднеквадратичных остатков для обучающей и тестовой выборок от числа взятых каналов. Сохраните график в файл отчета. Добавьте вывод о том, сколько каналов необходимо использовать для калибровки.

6. Для выбранного числа каналов отобразить графики «измерено-предсказано» по значениям концентраций для обучающей и тестовой выборок.

7. В файле отчета сделайте вывод о полученных результатах. Отправьте отчет на указанный электронный адрес. В теме письма укажите ФИО, группу.

Примеры самостоятельной работы №3

Вариант 1

1. Загрузите данные в матлаб из файла `GradWork1`. Ознакомьтесь с данными:
 - `ConcSpectrStudy` – значения концентраций для образцов из обучающей выборки (каждая строка содержит две концентрации: C_a и C_b)
 - `ConcSpectrTest` – значения концентраций для образцов из тестовой выборки (каждая строка содержит две концентрации: C_a и C_b)
 - `lambda` – вектор, содержащий длины волн
 - `PureA` – чистый спектр для вещества А
 - `PureB` – чистый спектр для вещества Б
 - `SpectrStudy` – значения спектров для образцов из обучающей выборки (каждый столбец соответствует спектру 1 смеси)
 - `SpectrTest` – значения спектров для образцов из тестовой выборки (каждый столбец соответствует спектру 1 смеси)
2. Найдите главные компоненты, используя обучающую выборку, и отобразите результаты на графиках счетов и нагрузок. Сохраните графики в файл отчета. Проанализируйте их.
3. Используя метод проекции на главные компоненты постройте по обучающей выборке уравнение калибровки для вещества А. Ограничьтесь первыми 4 главными компонентами.
4. Рассчитайте прогнозируемые значения концентраций для обучающей и тестовой выборок. Отобразите графики «измерено-предсказано» для обучающей и тестовой выборок. Сохраните графики в файл отчета.
5. Рассчитайте критерий среднеквадратичного отклонения для всех 4-х вариантов из обучающей выборки и из тестовой выборки. Отобразите результаты в форме гистограмм (команда `bar`). Сохраните графики в файл отчета.

6. Сделайте выводы по полученным данным. Сколько главных компонент необходимо использовать для калибровки? Обоснуйте ответ. На какой из выборок точность прогноза выше? Обоснуйте.

7. Отправьте отчет на указанный электронный адрес. Приложите программный код в формате скрипта. В теме письма укажите ФИО, группу.

Вариант 2

1. Загрузите данные в матлаб из файла GradWork1. Ознакомьтесь с данными:
– ConcSpectrStudy – значение концентраций для образцов из обучающей выборки (каждая строка содержит две концентрации: Ca и Cб)

– ConcSpectrTest – значение концентраций для образцов из тестовой выборки (каждая строка содержит две концентрации: Ca и Cб)

– lambda – вектор, содержащий длины волн

– PureA – чистый спектр для вещества А

– PureB – чистый спектр для вещества Б

– SpectrStudy – значения спектров для образцов из обучающей выборки (каждый столбец соответствует спектру 1 смеси)

– SpectrTest – значения спектров для образцов из тестовой выборки (каждый столбец соответствует спектру 1 смеси)

2. Постройте проекции на латентные структуры по ВАРИАНТУ 1 (отдельно для вещества А), используя обучающую выборку, и отобразите результаты на графиках счетов и нагрузок. Сохраните графики в файл отчета. Проанализируйте их.

3. Постройте по обучающей выборке уравнение калибровки для вещества А. Ограничьтесь первыми 4 главными компонентами.

4. Рассчитайте прогнозируемые значения концентраций для обучающей и тестовой выборок. Отобразите графики «измерено-предсказано» для обучающей и тестовой выборок. Сохраните графики в файл отчета.

5. Рассчитайте критерий среднеквадратичного отклонения для всех 4-х вариантов из обучающей выборки и из тестовой выборки. Отобразите результаты в форме гистограмм (команда bar). Сохраните графики в файл отчета.

6. Сделайте выводы по полученным данным. Сколько главных компонент необходимо использовать для калибровки? Обоснуйте ответ. На какой из выборок точность прогноза выше? Обоснуйте.

7. Отправьте отчет на указанный электронный адрес. Приложите программный код в формате скрипта. В теме письма укажите ФИО, группу.

Вариант 3

1. Загрузите данные в матлаб из файла GradWork1. Ознакомьтесь с данными:

– ConcSpectrStudy – значение концентраций для образцов из обучающей выборки (каждая строка содержит две концентрации: Ca и Cб)

– ConcSpectrTest – значение концентраций для образцов из тестовой выборки (каждая строка содержит две концентрации: Ca и Cб)

– lambda – вектор, содержащий длины волн

– PureA – чистый спектр для вещества А

– PureB – чистый спектр для вещества Б

– SpectrStudy – значения спектров для образцов из обучающей выборки (каждый столбец соответствует спектру 1 смеси)

– SpectrTest – значения спектров для образцов из тестовой выборки (каждый столбец соответствует спектру 1 смеси)

2. Постройте проекции на латентные структуры по ВАРИАНТУ 2 (используйте данные и для вещества А и для вещества Б одновременно), используя обучающую выборку,

и отобразите результаты на графиках счетов и нагрузок. Сохраните графики в файл отчета. Проанализируйте их.

3. Постройте по обучающей выборке уравнения калибровки для веществ А и Б. Ограничьтесь первыми 4 главными компонентами.

4. Рассчитайте прогнозируемые значения концентраций для обучающей и тестовой выборок. Отобразите графики «измерено-предсказано» для обучающей и тестовой выборок. Сохраните графики в файл отчета.

5. Рассчитайте критерий среднеквадратичного отклонения для всех 4-х вариантов из обучающей выборки и из тестовой выборки. Отобразите результаты в форме гистограмм (команда bar). Сохраните графики в файл отчета.

6. Сделайте выводы по полученным данным. Сколько главных компонент необходимо использовать для калибровки? Обоснуйте ответ. На какой из выборок точность прогноза выше? Обоснуйте.

7. Отправьте отчет на электронный адрес. Приложите программный код в формате скрипта. В теме письма укажите ФИО, группу.

Примеры самостоятельной работы № 4

Вариант 1

1. Загрузите данные в матлаб из файла Work2. Ознакомьтесь с данными:

- X – значение признаков объектов
- Cl – перечень классов, к которому относится тот или иной объект

2. Проведите классификацию, используя метод k-средних. Рассчитайте 8 циклов. Отобразите полученные на каждом шаге классы и центроиды на графиках в координатах

«Признак 1 – Признак 2» и «Признак 3- Признак 4». Полученные диаграммы сохраните в отчет, дайте пояснения.

3. Отправьте отчет на указанный электронный адрес. Приложите программный код в формате скрипта. В теме письма укажите ФИО, группу.

Вариант 2

1. Загрузите данные в матлаб из файла Work1. Ознакомьтесь с данными:

– Xs и Xt – значение признаков объектов из обучающей и тестовой выборки соответственно;

– Cls b Clt – номера классов, к которым принадлежат объекты из обучающей и тестовой выборок соответственно.

Внимание: обучающая выборка содержит по 38 объектов каждого класса, тестовая выборка содержит по 9 объектов каждого класса.

2. Классификацию проведите, используя метод k-ближайших соседей. Число соседей примите равное 5. Отобразите в отчете в табличной форме данные к какому классу были отнесены образцы из тестовой выборки и к какому классу они принадлежат на самом деле. Сделайте выводы из работы.

3. Отправьте отчет на указанный электронный адрес. Приложите программный код в формате скрипта. В теме письма укажите ФИО, группу.

Вариант 3

1. Загрузите данные в матлаб из файла Work1. Ознакомьтесь с данными:

– Xs и Xt – значение признаков объектов из обучающей и тестовой выборки соответственно;

– Cls b Clt – номера классов, к которым принадлежат объекты из обучающей и тестовой выборок соответственно.

Внимание: обучающая выборка содержит по 38 объектов каждого класса, тестовая выборка содержит по 9 объектов каждого класса.

2. Классификацию проведите для класса 2, используя метод SIMCA. Примите точность равной 0,95. Отобразите в отчете в табличной форме данные к какому классу были отнесены образцы из тестовой выборки и к какому классу они принадлежат на самом деле. Сделайте выводы из работы.

3. Отправьте отчет на указанный электронный адрес. Приложите программный код в формате скрипта. В теме письма укажите ФИО, группу.

Вариант 4

1. Загрузите данные в матлаб из файла Work1. Ознакомьтесь с данными:
– X_s и X_t – значение признаков объектов из обучающей и тестовой выборки соответственно;

– Cls_b и Cls_t – номера классов, к которым принадлежат объекты из обучающей и тестовой выборок соответственно.

Внимание: обучающая выборка содержит по 38 объектов каждого класса, тестовая выборка содержит по 9 объектов каждого класса.

2. Классификацию проведите для класса 3, используя метод SIMCA. Примите точность равной 0,95. Отобразите в отчете в табличной форме данные к какому классу были отнесены образцы из тестовой выборки и к какому классу они принадлежат на самом деле. Сделайте выводы из работы.

3. Отправьте отчет на указанный электронный адрес. Приложите программный код в формате скрипта. В теме письма укажите ФИО, группу.

Вариант 5

1. Загрузите данные в матлаб из файла Work1. Ознакомьтесь с данными:
– X_s и X_t – значение признаков объектов из обучающей и тестовой выборки соответственно;

– Cls_b и Cls_t – номера классов, к которым принадлежат объекты из обучающей и тестовой выборок соответственно.

Внимание: обучающая выборка содержит по 38 объектов каждого класса, тестовая выборка содержит по 9 объектов каждого класса.

2. Классификацию проведите, используя метод PLS-DA. Результаты разделения на классы обучающей и тестовой выборки отобразите графически. Включите диаграммы в отчет. Проанализируйте, правильно ли были отнесены данные из обучающей и тестовой выборок к классам. Сделайте выводы из работы.

3. Отправьте отчет на указанный электронный адрес. Приложите программный код в формате скрипта. В теме письма укажите ФИО, группу.

Вариант 6

1. Загрузите данные в матлаб из файла Work1. Ознакомьтесь с данными:
– X_s и X_t – значение признаков объектов из обучающей и тестовой выборки соответственно;

– Cls_b и Cls_t – номера классов, к которым принадлежат объекты из обучающей и тестовой выборок соответственно.

Внимание: обучающая выборка содержит по 38 объектов каждого класса, тестовая выборка содержит по 9 объектов каждого класса.

2. Классификацию проведите, используя метод QDA. Результаты разделения на классы обучающей и тестовой выборки отобразите графически. Включите диаграммы в отчет. Проанализируйте, правильно ли были отнесены данные из обучающей и тестовой выборок к классам. Сделайте выводы из работы.

3. Отправьте отчет на указанный электронный адрес. Приложите программный код в формате скрипта. В теме письма укажите ФИО, группу.

Вариант 7

1. Загрузите данные в матлаб из файла Work1. Ознакомьтесь с данными:
 - X_s и X_t – значение признаков объектов из обучающей и тестовой выборки соответственно;
 - Cls и Clt – номера классов, к которым принадлежат объекты из обучающей и тестовой выборок соответственно.

Внимание: обучающая выборка содержит по 38 объектов каждого класса, тестовая выборка содержит по 9 объектов каждого класса.

2. Классификацию проведите, используя метод LDA. Предварительно переведите данные в пространство главных компонент. В дальнейших расчетах используйте первые 2 компонента. Отобразите в отчете в табличной форме данные к какому классу были отнесены образцы из тестовой выборки и к какому классу они принадлежат на самом деле. Проанализируйте, правильно ли были отнесены данные из обучающей и тестовой выборок к классам. Сделайте выводы из работы.

3. Отправьте отчет на указанный электронный адрес. Приложите программный код в формате скрипта. В теме письма укажите ФИО, группу.

Примеры самостоятельной работы № 5

Вариант 1

1. Загрузите данные в матлаб из файла WorkMCR. Ознакомьтесь с данными:
 - A_t , B_t – концентрационные кривые для чистых веществ, $time$ – вектор времени
 - A_s , B_s – спектры чистых веществ, $lambda$ – вектор длин волн
 - X – данные о смеси
2. Примените к данным метод МГК, рассчитайте сингулярные значения для разного числа компонент. Отобразите график HELP и график сингулярных значений. Сделайте и обоснуйте вывод о количестве чистых веществ в анализируемой смеси.
3. Используя прокрустов анализ проведите разрешение многомерных данных. Отобразите графически полученные концентрационные зависимости чистых веществ и чистых спектров относительно имеющихся истинных данных.
4. Оформите отчет. Отправьте отчет на указанный электронный адрес. Приложите программный код в формате скрипта. В теме письма укажите ФИО, группу.

Вариант 2

1. Загрузите данные в матлаб из файла WorkMCR. Ознакомьтесь с данными:
 - A_t , B_t – концентрационные кривые для чистых веществ, $time$ – вектор времени
 - A_s , B_s – спектры чистых веществ, $lambda$ – вектор длин волн
 - X – данные о смеси
2. Методом эволюционного факторного анализа определите концентрационные окна.
3. Используя оконный факторный анализ проведите разрешение многомерных данных. Отобразите графически полученные концентрационные зависимости чистых веществ и чистых спектров относительно имеющихся истинных данных.
4. Оформите отчет. Отправьте отчет на указанный электронный адрес. Приложите программный код в формате скрипта. В теме письма укажите ФИО, группу.

Вариант 3

1. Загрузите данные в матлаб из файла WorkMCR. Ознакомьтесь с данными:
 - A_t , B_t – концентрационные кривые для чистых веществ, $time$ – вектор времени
 - A_s , B_s – спектры чистых веществ, $lambda$ – вектор длин волн
 - X – данные о смеси
2. Методом эволюционного факторного анализа определите концентрационные окна.
3. Используя итерационный целевой факторный анализ проведите разрешение многомерных данных. Отобразите графически полученные концентрационные зависимости чистых веществ и чистых спектров относительно имеющихся истинных данных.
4. Оформите отчет. Отправьте отчет на указанный электронный адрес. Приложите программный код в формате скрипта. В теме письма укажите ФИО, группу.

Вариант 4

1. Загрузите данные в матлаб из файла WorkMCR. Ознакомьтесь с данными:
 - A_t , B_t – концентрационные кривые для чистых веществ, $time$ – вектор времени
 - A_s , B_s – спектры чистых веществ, $lambda$ – вектор длин волн
 - X – данные о смеси
2. Методом эволюционного факторного анализа определите концентрационные окна.
3. Используя метод чередующихся наименьших квадратов проведите разрешение многомерных данных. Отобразите графически полученные концентрационные зависимости чистых веществ и чистых спектров относительно имеющихся истинных данных.
4. Оформите отчет. Отправьте отчет на указанный электронный адрес. Приложите программный код в формате скрипта. В теме письма укажите ФИО, группу.

8.3 Структура и пример билетов для зачета с оценкой (1 семестр)

Зачет с оценкой по дисциплине «Хеометрика наносистем» проводится в 1 семестре и включает контрольные вопросы по всем разделам рабочей программы дисциплины. Билет для зачета с оценкой состоит из 2 вопросов, относящихся к указанным разделам дисциплины. Максимальная оценка за зачет с оценкой 40 баллов.

8.3.1 Примеры контрольных вопросов для итогового контроля освоения дисциплины (1 семестр – зачёт с оценкой)

Максимальное количество баллов за зачёт с оценкой – 40 баллов

1. Хеометрика, как научная дисциплина. Цели и задачи хеометрики. Практическое применение.
2. Стадии аналитического процесса и присущие им погрешности.
3. Метод контролируемого обучения в многомерном анализе данных.
4. Способы уменьшения суммарной дисперсии (погрешности) пробоотбора и анализа.
5. Определение необходимого и достаточного объема обучающей выборки в контролируемом обучении.
6. Способы достижения репрезентативности пробы при пробоотборе.
7. Меры сходства и расстояния, применяемые в кластерном анализе.
8. Процедура подготовки пробы к анализу. Роль концентрирования аналита.
9. Виды и источники погрешности результатов измерения и обработки данных анализа. Способы увеличения отношения «сигнал/шум».

10. Определение дискриминирующего отношения в многомерном анализе данных.
11. Методы обнаружения сигналов. Различие сигналов аналита и фона.
12. Нормирование и центрирование данных в многомерном анализе.
13. Определение предела обнаружения аналита в пробе. Точное оценивание предела обнаружения.
14. Естественное нормирование данных и нормирование сравнением. Мера их информативности.
15. Установление и проверка гипотез о наличии (или отсутствии) аналита в пробе.
16. Определение необходимого и достаточного объема выборки для достижения заданной точности по неравенству Чебышева.
17. Линейная калибровка приборов. Калибровка по эталону.
18. Определение необходимого и достаточного объема выборки для достижения заданной точности.
19. Линейная регрессия в хемометрике. Сравнительный анализ метода наименьших квадратов и метода максимального правдоподобия.
20. Многомерный подход к анализу данных. Ковариантность измерений.
21. Какой физический смысл и в какой ситуации могут иметь коэффициенты уравнения структурной регрессии.
22. Наложение недостающих и избыточных данных в результатах измерения. Изменение положения данных относительно осей координат.
23. Модель факторного анализа. Смысл условия:
25. Масштабное и автомасштабное преобразование данных.
26. Метод вращения собственного вектора. Алгоритм определения собственных чисел и собственных векторов матрицы.
27. Методы и алгоритмы сжатия априорной информации.
28. Почему уравнение регрессии не содержит априорной информации? Каким образом выбирают базисные функции в методе линейной регрессии.
29. Каковы условия, позволяющие отличить сигнал аналита от сигнала фона.
30. Каковы причины появления корреляции переменных при выполнении операций нормирования и центрирования над векторами матрицы данных.
31. Как определить, можно ли принять выборочные параметры нормального распределения в качестве оценок генеральной совокупности.
32. Проекционные методы: проекция на латентные структуры.
33. Обнаружение аналитических сигналов. Неопределенность. Изменение расстояния между средними при уменьшении концентрации аналита. Правило 3
34. Калибровка. Проблема мультиколлинеарности. Подготовка данных.
35. Точечное оценивание предела обнаружения сигнала. Вероятность ошибки при сближении сигналов.
36. Классические методы калибровки: калибровка по одному каналу, метод Фирорда, непрямая калибровка.
37. Ошибки обнаружения аналита I и II рода. Кайзеровский предел обнаружения сигнала.
38. Обратная калибровка: множественная линейная регрессия, пошаговая калибровка.
39. Точечное оценивание предела обнаружения t-тестом.
40. Регрессия на латентные структуры (два варианта, отличия).
41. Критерий Вилкоксона. Точность предела обнаружения.
42. Классификация. Постановка задачи. Основные методы. Проверка гипотез.
43. Сглаживание данных. Методы блочного усреднения, движущегося окна и полиномиального сглаживания данных.

44. Проскутов анализ.
 45. Регрессионный анализ. Метод наименьших квадратов.
 46. Линейный дискриминантный анализ.
 47. Регрессионный анализ. Метод максимального правдоподобия.
 48. Итерационный целевой факторный анализ.
 49. Проекционные методы: метод главных компонент.
 50. Чередующиеся наименьшие квадраты.
 51. Калибровка (градуирование): определение и решаемые практические задачи.
- Математическая постановка задачи калибровки.
52. Формальное независимое моделирование аналогий классов.
 53. Линейные и нелинейные методы калибровки: области применения. Проверка моделей.
 54. Метод k-ближайших соседей.
 55. Оценка качества моделей в хемометрике. Основные применяемые оценки, что они отражают.
 56. Оконный факторный анализ.
 57. Калибровка: неопределенность, точность, воспроизводимость. Недооценка и переоценка параметров: Н-принцип.
 58. Кластеризация с помощью k-средних.
 59. Классификация. Подготовка данных. Ошибки. Обучение и проверка.
- Проклятие размерности.
60. Эволюционный факторный анализ.
 61. Постановка задачи разрешения многомерных кривых. Неопределенность.
 62. Квадратичный дискриминантный анализ.
 63. Методы разрешения многомерных кривых. PLS-дискриминация.

8.4 Структура и примеры билетов для зачёта с оценкой (1 семестр)

Зачёт с оценкой по дисциплине «Хемометрика» проводится в 1 семестре и включает контрольные вопросы по всем разделам рабочей программы дисциплины. Билет для зачёта с оценкой состоит из 2 вопросов, относящихся к указанным разделам. Ответы на вопросы зачёта с оценкой оцениваются из максимальной оценки 40 баллов следующим образом: максимальное количество баллов за первый вопрос – 15 баллов, второй – 25 баллов.

Пример билета для зачёта с оценкой:

<i>«Утверждаю» зав. кафедрой ХФИ</i> _____ Н.В. Меньшутина (Подпись) (И.О. Фамилия) «__» _____ 20__ г.	Министерство науки и высшего образования РФ Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева Кафедра химического и фармацевтического инжиниринга 28.04.02 Наноинженерия Магистерская программа – «Материалы и технологии наноинженерии»
--	--

Дисциплина «Хемометрика наносистем»

Билет № 1

1. Линейная регрессия в хемометрике. Сравнительный анализ метода наименьших квадратов и метода максимального правдоподобия.
2. Многомерный подход к анализу данных. Ковариантность измерений.

9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

9.1 Рекомендуемая литература

А. Основная литература

1. Шачнева, Е. Ю. Хемомерика. Базовые понятия : учебное пособие / Е. Ю. Шачнева. — Санкт-Петербург : Лань, 2022. — 160 с. — ISBN 978-5-8114-2301-9. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/212495> (дата обращения: 27.05.2024). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
2. Гордиенко М.Г. Основы работы и программирования в среде MATLAB: учеб. пособие // М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева. – 2015. – 79 с., ISBN 978-5-7237-1259-1.

Б. Дополнительная литература

1. Шараф М.А. Хемомерика./ М.А. Шараф, Д.Л. Иллмэн, Б.Р. Ковальски. – Л.: Химия. 1989. – 272 с.

9.2 Рекомендуемые источники научно-технической информации

- Методические рекомендации по выполнению лабораторных работ.
- Раздаточный иллюстративный материал к лекциям.
- Презентации к лекциям.

Научно-технические журналы:

- «Журнал аналитической химии», ISSN 0044-4502;
- «Химическая технология», ISSN 1684-5811;
- «Контроль качества продукции», ISSN 2541-9900;
- «Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика», ISSN 2073-0004;
- «Программные продукты и системы», ISSN 2311-2735.

Ресурсы информационно–телекоммуникационной сети Интернет:

- Ресурсы ELSEVIER: www.sciencedirect.com.
- Платформа Springer Link: <https://rd.springer.com>.

9.3 Средства обеспечения освоения дисциплины

Для реализации рабочей программы подготовлены следующие средства обеспечения освоения дисциплины:

1. Программное обеспечение:
 - Пакет прикладных программ Octave (свободно распространяемое ПО);
 - Пакет прикладных программ MATLAB (лицензия РХТУ);
 - ПО Excel из пакета Microsoft Office (лицензия РХТУ).
2. Электронные конспекты лекций, теоретические положения и примеры выполнения лабораторных работ, задания по лабораторным работам.

Подготовлены варианты заданий для выполнения лабораторных работ, направленных на приобретение студентами навыков обработки информации с применением методов хемомерики.

При использовании электронного обучения и дистанционных образовательных технологий занятия полностью или частично проводятся в режиме онлайн. При этом первый пункт списка дополняется или заменяется на:

- доступ к групповым чатам, к вебинарам или онлайн- конференциям (webinar.ru, zoom.us), к каналам, содержащим видео-презентации.

10. ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНОМ ПРОЦЕССЕ

Информационную поддержку изучения дисциплины осуществляет Информационно-библиотечный центр (ИБЦ) РХТУ им. Д.И. Менделеева, который обеспечивает обучающихся основной учебной, учебно-методической и научной литературой, необходимой для организации образовательного процесса по дисциплине. Общий объем многоотраслевого фонда ИБЦ на 01.01.2025 составляет 1 563 142 экз.

Фонд ИБЦ располагает учебной, учебно-методической и научно-технической литературой в форме печатных и электронных изданий, а также включает официальные, справочно-библиографические, специализированные отечественные и зарубежные периодические и информационные издания. ИБЦ обеспечивает доступ к профессиональным базам данных, информационным, справочным и поисковым системам.

Каждый обучающийся обеспечен свободным доступом из любой точки, в которой имеется доступ к сети Интернет и к электронно-библиотечной системе (ЭБС) Университета, которая содержит различные издания по основным изучаемым дисциплинам и сформирована по согласованию с правообладателями учебной и учебно-методической литературы.

Для более полного и оперативного справочно-библиографического и информационного обслуживания в ИБЦ реализована технология Электронной доставки документов.

Полный перечень электронных информационных ресурсов, используемых в процессе обучения, представлен в основной образовательной программе.

11. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

В соответствии с учебным планом занятия по дисциплине *«Хеометрика наносистем»* проводятся в форме лекций, лабораторных и практических занятий и самостоятельной работы обучающегося.

11.1 Оборудование, необходимое в образовательном процессе

Для изучения дисциплины *«Хеометрика наносистем»* имеется лекционная учебная аудитория, оборудованная электронными средствами демонстрации (компьютер со средствами звуковоспроизведения, проектор, экран) и учебной мебелью; учебная аудитория для проведения практических занятий, оборудованная электронными средствами демонстрации; библиотека, имеющая рабочие компьютерные места для магистрантов, оснащенные компьютерами с доступом к базам данных и выходом в Интернет.

11.2 Учебно-наглядные пособия

По дисциплине *«Хеометрика наносистем»* доступны учебные материалы. Реализованы лекции по учебным разделам в соответствии с программой дисциплины в виде презентаций. Доступны комплексы лабораторных работ и требования к отчетам, варианты заданий, руководство по работе с оборудованием, электронный раздаточный материал к разделам лекционного курса.

11.3 Компьютеры, информационно-телекоммуникационные сети, аппаратно-программные и аудиовизуальные средства

Персональные компьютеры, укомплектованные проигрывателями CD и DVD, принтерами и программными средствами, проекторы, экраны; аудитории со стационарными комплексами отображения информации с любого электронного носителя;

WEB-камеры; цифровой фотоаппарат; копировальные аппараты; локальная сеть с выходом в Интернет.

11.4 Печатные и электронные образовательные и информационные ресурсы

Информационно-методические материалы: учебные пособия по дисциплинам части, формируемой участниками образовательных отношений, программы; методические рекомендации к практическим занятиям; каталоги типов и видов продукции из неметаллических материалов; каталоги продукции промышленных предприятий; раздаточный материал к лекционным курсам; учебные фильмы по процессам технологии и способам производства отдельных видов изделий; электронные учебные издания по дисциплинам части, формируемой участниками образовательных отношений, научно-популярные электронные издания.

Обеспеченность современными учебными пособиями, выпущенными преподавателями кафедры химического и фармацевтического инжиниринга для магистрантов, довольно высокая. Ко всем научным изданиям и учебным пособиям, выпущенным через РИО РХТУ им. Д.И. Менделеева, имеется доступ через фонды информационно-библиотечного фонда. Кроме того, большинство дисциплин, преподаваемых на кафедре, имеют развернутую информационно-образовательную и информационно-методическую поддержку, к ресурсам в сети Интернет.

11.5 Перечень лицензионного программного обеспечения

№ п/п	Наименование программного продукта	Реквизиты договора поставки	Количество лицензий	Срок окончания действия лицензии
1.	WINDOWS 8.1 Professional Get Genuine	Контракт № 62-64ЭА/2013 от 02.12.2013	24 лицензии для активации на рабочих станциях	бессрочная
2.	Microsoft Office Standard 2019 В составе: • Word • Excel • Power Point • Outlook	Контракт №175-262ЭА/2019 от 30.12.2019	150 лицензий для активации на рабочих станциях	12 месяцев (ежегодное продление подписки с правом перехода на обновлённую версию продукта)
3.	Kaspersky Endpoint Security для бизнеса – Стандартный Russian Edition	Договор № 99-155ЭА-223/2024	-	12 месяцев (ежегодное продление подписки с правом перехода на обновлённую версию продукта)

				версию продукта)
--	--	--	--	---------------------

12. ТРЕБОВАНИЯ К ОЦЕНКЕ КАЧЕСТВА ОСВОЕНИЯ ПРОГРАММЫ

Наименование разделов	Основные показатели оценки	Формы и методы контроля и оценки
Раздел 1. Обнаружение и обработка сигналов. Проекционные методы анализа данных.	<i>Знает:</i> предмет и методы хемометрики; основы теории и методы измерений; методы обнаружения и обработки сигналов. <i>Умеет:</i> интерпретировать результаты измерений, оценивать их погрешность, формировать матрицы данных; выполнять статистическую обработку информации. <i>Владеть:</i> практикой применения пакетов прикладных программ по изученной дисциплине.	Оценка за лабораторные работы №1- 2 Оценка за самостоятельную работу №1 Оценка за домашнюю работу №1 Оценка на зачет с оценкой
Раздел 2. Градуирование (калибровка)	<i>Знает:</i> предмет и методы хемометрики; методы обнаружения и обработки сигналов; смысл операции градуирования и применяемые методы; основные свойства корреляционной матрицы; структурные методы регрессионного анализа <i>Умеет:</i> интерпретировать результаты измерений, оценивать их погрешность, формировать матрицы данных; выполнять статистическую обработку информации; выбирать адекватный метод градуирования и применять калибровочные кривые в химическом анализе; разрабатывать и практически применять алгоритмы обработки информации. <i>Владеть:</i> методами эксплуатации современного информационного оборудования для обработки многомерных (многомерных) данных; практикой применения пакетов прикладных программ по изученной дисциплине.	Оценка за лабораторные работы №3-4 Оценка за Самостоятельные работы №2-3 Оценка за зачет с оценкой

Наименование разделов	Основные показатели оценки	Формы и методы контроля и оценки
Раздел 3. Классификация	<i>Знает:</i> предмет и методы хемометрики; методы распознавания образов, кластерного анализа. <i>Умеет:</i> интерпретировать результаты измерений, оценивать их погрешность, формировать матрицы данных; выполнять статистическую обработку информации выбирать адекватный метод градуирования и применять калибровочные кривые в химическом анализе; разрабатывать и практически применять алгоритмы обработки информации; разрабатывать и применять алгоритмы автоматической классификации. <i>Владеть:</i> методами эксплуатации современного информационного оборудования для обработки многомерных (многомерных) данных; практикой применения пакетов прикладных программ по изученной дисциплине.	Оценка за лабораторные работы №5- 6 Оценка за самостоятельную работу №4 Оценка на зачет с оценкой
Раздел 4. Разрешение многомерных кривых	<i>Знает:</i> предмет и методы хемометрики; методы обнаружения и обработки сигналов; назначение стохастического факторного анализа, устойчивость статистического оценивания; методы разложения сложных сигналов на простые. <i>Умеет:</i> интерпретировать результаты измерений, оценивать их погрешность, формировать матрицы данных; выполнять статистическую обработку информации; выбирать адекватный метод градуирования и применять калибровочные кривые в химическом анализе; разрабатывать и практически применять алгоритмы обработки информации; разрабатывать и практически применять алгоритмы различных вариантов факторного анализа; определять сложность сигналов и выполнять их разрешение. <i>Владеет:</i> методами эксплуатации современного информационного оборудования для обработки многомерных (многомерных) данных; практикой применения пакетов прикладных программ по изученной дисциплине.	Оценка за лабораторные работы №7-8 Оценка за самостоятельную работу №5 Оценка за домашнюю работу №2 Оценка на зачет с оценкой

13. ОСОБЕННОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ДЛЯ ИНВАЛИДОВ И ЛИЦ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ

Обучение инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья осуществляется в соответствии с:

- Порядком организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры (Приказ Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 06.04.2021 № 245);

- Положением о порядке организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева», принятым решением Ученого совета РХТУ им. Д.И. Менделеева от 28.12.2022, протокол № 5;

- Методическими рекомендациями по организации образовательного процесса для обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья в образовательных организациях высшего образования, в том числе оснащенности образовательного процесса (утверждены заместителем Министра образования и науки РФ А.А. Климовым от 08.04.2014 № АК-44/05вн).

Дополнения и изменения к рабочей программе дисциплины
«Хеометрика наносистем»
основной образовательной программы
 по направлению подготовки
 28.04.02 Наноинженерия
 магистерская программа
 «Материалы и технологии наноинженерии»

Форма обучения: очная

Номер изменения/ дополнения	Содержание дополнения/изменения	Основание внесения изменения/дополнения
1		протокол заседания кафедры № _____ от « ____ » _____ 20__ г.
		протокол заседания кафедры № _____ от « ____ » _____ 20__ г.
		протокол заседания кафедры № _____ от « ____ » _____ 20__ г.
		протокол заседания кафедры № _____ от « ____ » _____ 20__ г.
		протокол заседания кафедры № _____ от « ____ » _____ 20__ г.

**Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Российский химико-технологический университет
имени Д.И. Менделеева»**

«УТВЕРЖДЕНО»

на заседании Ученого совета

РХТУ им. Д.И. Менделеева

протокол № 30 от «30» июня 2025 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«Экспертные системы в химической технологии и нанотехнологии»

Направление подготовки 28.04.02 Наноинженерия

**Магистерская программа
«Материалы и технологии наноинженерии»**

Квалификация «магистр»

Москва 2025

Программа составлена

к.т.н., доцентом кафедры кибернетики химико-технологических процессов

П.Г. Михайловой

д.т.н., профессором кафедры кибернетики химико-технологических процессов

Т.В. Савицкой

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры кибернетики химико-технологических процессов «12» мая 2025 г., протокол № 8.

1. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

Программа составлена в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования – магистратура по направлению подготовки 28.04.02 Наноинженерия (ФГОС ВО), накопленным опытом преподавания дисциплины кафедрой кибернетики химико-технологических процессов РХТУ им. Д.И. Менделеева. Программа рассчитана на изучение дисциплины в течение одного семестра.

Дисциплина *«Экспертные системы в химической технологии и нанотехнологии»* относится к вариативной части, формируемой участниками образовательных отношений, блока 1 «Дисциплины (модули)» дисциплин учебного плана и является дисциплиной по выбору студента.

Программа дисциплины предполагает, что обучающиеся имеют теоретическую и практическую подготовку в области: «Вычислительная математика», «Высшая математика», «Методы кибернетики в наноинженерии», «Моделирование нанопроцессов в химической технологии, фармацевтике и биотехнологии», а также на знаниях, полученных при изучении дисциплин подготовки магистрантов: «Моделирование технологических и природных систем».

Цель дисциплины – научить магистрантов теоретическим знаниям, практическим умениям и навыкам создания и использования экспертных систем для решения задач проектирования, планирования, прогнозирования, принятия решений, диагностики и управления химико-технологическими процессами и нанопроцессами, системами и химическими производствами, а также разработки экспертных обучающих систем.

Задачи дисциплины:

- обучение теоретическим знаниям и практическим умениям и навыкам использования методов искусственного интеллекта на основе экспертных систем для решения неформализованных задач в химической технологии;
- обучение теоретическим основам создания и организации экспертных систем для решения задач проектирования, планирования, прогнозирования, диагностики и управления в химической технологии;
- обучение теоретическим знаниям и практическим умениям и навыкам разработки моделей представления знаний в экспертных системах;
- обучение теоретическим знаниям и практическим умениям и навыкам разработки экспертных обучающих систем и элементов тренажёрных обучающих комплексов для управления химико-технологическими процессами, системами и химическими предприятиями.

Дисциплина *«Экспертные системы в химической технологии и нанотехнологии»* преподаётся во 2-м семестре. Контроль успеваемости студентов ведётся по принятой в университете рейтинговой системе.

Рабочая программа дисциплины может быть реализована с применением электронных образовательных технологий и электронного обучения полностью или частично.

2. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Изучение дисциплины направлено на приобретение следующих **компетенций и индикаторов их достижения:**

Универсальные компетенции выпускников и индикаторы их достижения

Наименование категории (группы) УК	Код и наименование УК	Код и наименование индикатора достижения УК
Системное и критическое мышление	УК-1. Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий	УК-1.1 Знает методы осуществления поиска вариантов решения поставленной проблемной ситуации на основе доступных источников информации УК-1.2 Умеет определять в рамках выбранного алгоритма вопросы или задачи, подлежащие дальнейшей разработке УК-1.3 Владеет способами планирования работы для решения поставленных задач

Профессиональные компетенции и индикаторы их достижения:

Задача профессиональной деятельности	Объект или область знания	Код и наименование ПК	Код и наименование индикатора достижения ПК	Основание (профессиональный стандарт, анализ опыта) Обобщенные трудовые функции
Тип задач профессиональной деятельности: научно-исследовательский и инновационный				
– планирование и проведение теоретических и экспериментальных исследований в области инженерных нанотехнологий с целью совершенствования объектов профессиональной деятельности, обоснования их технических характеристик, определения условий их применения и эксплуатации; – участие в составе коллектива в работах по решению инновационных проблем нанотехнологий – от идеи, фундаментальных и прикладных исследований до	– методы исследований, испытаний, диагностики и контроля качества наноматериалов, полуфабрикатов и изделий на их основе; – наноматериалы, процессы нанотехнологий и методы нанодиагностики для химии, фармацевтики, биотехнологии, энергетики, научных исследований и других	ПК-1. Способен формулировать научно-исследовательские задачи в области нанотехнологий и решать их.	ПК-1.1 Знает современные методы, использующиеся при проведении научных исследований в нанотехнологии, и основные этапы выполнения научно-исследовательской работы. ПК-1.2 Умеет применять полученные знания для системного и комплексного проведения научных исследований в области профессиональной деятельности. ПК-1.3 Владеет приемами обработки, анализа, интерпретации и представления результатов эксперимента,	Профессиональный стандарт 40.011 «Специалист по научно-исследовательским и опытно-конструкторским разработкам», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 04.03.2014 № 121н. Обобщенная трудовая функция С. Проведение научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ по тематике организации. С /01.6. Осуществление научного руководства проведением исследований по отдельным задачам (уровень квалификации –

Задача профессиональной деятельности	Объект или область знания	Код и наименование ПК	Код и наименование индикатора достижения ПК	Основание (профессиональный стандарт, анализ опыта) Обобщенные трудовые функции
создания промышленных изделий.	областей техники.		навыками подготовки научно-технических отчетов.	6)
– планирование и проведение теоретических и экспериментальных исследований в области инженерных нанотехнологий с целью совершенствования объектов профессиональной деятельности, обоснования их технических характеристик, определения условий их применения и эксплуатации; – участие в составе коллектива в работах по решению инновационных проблем наноинженерии – от идеи, фундаментальных и прикладных исследований до создания промышленных изделий.	– методы исследований, испытаний, диагностики и контроля качества наноматериалов, полуфабрикатов и изделий на их основе; – наноматериалы, процессы нанотехнологий и методы нанодиагностики для химии, фармацевтики, биотехнологии, энергетики, научных исследований и других областей техники.	ПК-2. Готов к анализу и систематизации научно-технической информации по теме исследования, выбору методик и средств решения задачи, анализу результатов и их интерпретации	ПК-2.2 Умеет применять информационно-коммуникационные технологии для сбора, структурирования и анализа информации и программно-информационные комплексы для проведения научно-исследовательских работ ПК-2.3 Владеет навыками проведения информационного поиска и обработки научно-технической информации	Профессиональный стандарт 40.011 «Специалист по научно-исследовательским и опытно-конструкторским разработкам», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 04.03.2014 № 121н. Обобщенная трудовая функция С. Проведение научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ по тематике организации. С /01.6. Осуществление научного руководства проведением исследований по отдельным задачам (уровень квалификации – 6)
– планирование и проведение теоретических и экспериментальных исследований в области инженерных нанотехнологий с целью совершенствования объектов профессиональной деятельности, обоснования их технических характеристик,	– методы исследований, испытаний, диагностики и контроля качества наноматериалов, полуфабрикатов и изделий на их основе; – наноматериалы,	ПК-3. Способен к анализу технологических процессов наноиндустрии	ПК-3.3 Владеет методами оценки технологических процессов с позиции эффективного использования ресурсов и обеспечения безопасности в области профессиональной деятельности	Профессиональный стандарт 40.011 «Специалист по научно-исследовательским и опытно-конструкторским разработкам», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 04.03.2014 № 121н. Обобщенная трудовая функция

Задача профессиональной деятельности	Объект или область знания	Код и наименование ПК	Код и наименование индикатора достижения ПК	Основание (профессиональный стандарт, анализ опыта) Обобщенные трудовые функции
определения условий их применения и эксплуатации; – участие в составе коллектива в работах по решению инновационных проблем нанотехнологий – от идеи, фундаментальных и прикладных исследований до создания промышленных изделий.	процессы нанотехнологий и методы нанодиагностики для химии, фармацевтики, биотехнологии, энергетики, научных исследований и других областей техники.			С. Проведение научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ по тематике организации. С /01.6. Осуществление научного руководства проведением исследований по отдельным задачам (уровень квалификации – 6)

В результате изучения дисциплины обучающийся должен:

Обладать следующими компетенциями и индикаторами их достижения:

УК-1.1; УК-1.2; УК-1.3; ПК-1.1; ПК-1.2; ПК-1.3; ПК-2.2; ПК-2.3; ПК-3.3

Знать:

- основные понятия, классификации и области применения экспертных систем для решения неформализованных задач химической технологии и нанотехнологии;
- теоретические основы создания и организации экспертных систем для решения задач проектирования, планирования, прогнозирования, диагностики и управления в химической технологии и нанотехнологии;
- модели представления знаний в экспертных системах;
- механизмы логического вывода в экспертных системах;
- методы и алгоритмы принятия решений в задачах проектирования, планирования и управления химико-технологическими процессами, нанопроцессами и производствами с использованием экспертных систем;
- методы и подходы к созданию экспертных обучающих систем и тренажерных комплексов для управления химико-технологическими процессами, нанопроцессами, системами и химическими предприятиями.

Уметь:

- формулировать постановки задач проектирования, прогнозирования, планирования, оптимизации и управления объектами химической технологии и нанотехнологии в условиях неопределенности и выбирать методы решения данных задач с использованием экспертных систем;
- разрабатывать базы правил и базы знаний для создания экспертных систем в химической технологии и нанотехнологии;
- разрабатывать алгоритмы логического вывода в экспертных системах.

Владеть:

- навыками использования современных оболочек экспертных систем для решения задач поддержки принятия решений и управления в химической технологии и нанотехнологии.

3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ

Вид учебной работы	Объем дисциплины		
	ЗЕ	Акад. ч.	Астр.ч.
Общая трудоемкость дисциплины	4	144	108
Контактная работа – аудиторные занятия:	1,41	51	38,25
Лекции	0,47	17	12,75
Практические занятия (ПЗ)	0,94	34	25,5
Самостоятельная работа	2,59	93	69,75
Контактная самостоятельная работа	2,59	0,4	0,3
Самостоятельное изучение разделов дисциплины		92,6	69,45
Вид итогового контроля:	Зачёт с оценкой		

4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1. Разделы дисциплины и виды занятий для магистров

№ п/п	Раздел дисциплины	Академ. часов			
		Всего	Лекции	Практические занятия	Самостоятельная работа
	Введение	2,5	0,5	-	2
1.	Раздел 1. Принципы построения экспертных систем	13	3	-	10
1.1	Экспертные системы. Понятие и классификация экспертных систем. Типовая структура и пользователи экспертной системы.	7	2	-	5
1.2	Этапы и средства построения экспертных систем.	6	1	-	5
2	Раздел 2. Модели представления знаний в экспертных системах	18	2	-	16
2.1.	Требования к представлению знаний в экспертных системах	5,5	0,5	-	5
2.2.	Классификация моделей представления знаний в системах искусственного интеллекта	6,5	0,5	-	6
2.3.	Методы сбора экспертных знаний и обработки экспертных оценок в процессе группового принятия решений. Требования к экспертам. Стратегии получения знаний. Структурирование знаний	6	1	-	5
3.	Раздел 3. Логические модели в системах, основанных на знаниях	35,5	4,5	12	19
3.1.	Логика и логическое управление. Функции, аксиомы и теоремы (законы) алгебры логики	15	2	6	7
3.2.	Таблица состояний и таблица истинности. Построение дерева смены состояний химико-технологической системы	6,5	0,5	2	4
3.3.	Логические и логико-	6,5	0,5	2	4

№ п/п	Раздел дисциплины	Академ. часов			
		Всего	Лекции	Практические занятия	Самостоятельная работа
	лингвистические модели представления знаний. Логические схемы				
3.4.	Исчисление предикатов	4	1	1	2
3.5.	Правила вывода в логических моделях	3,5	0,5	1	2
4	Раздел 4. Сетевые структурно-лингвистические модели представления знаний	21	2	8	11
4.1.	Семантические сети. Основные понятия, классификация, типы отношений. Логический вывод в семантических сетях	8	1	4	3
4.2.	Онтологии: понятия, типы отношений, базовая методология создания	9,5	0,5	4	5
4.3.	Нечеткие сети Петри	3,5	0,5	-	3
5	Раздел 5. Фреймовые модели представления знаний об объектах химической технологии	17	2	4	11
5.1.	Понятие и классификация фреймов. Способы представления	8,5	1,5	3	4
5.2.	Иерархическая структура фреймов. Множественное наследование. Процедуры логического вывода решений с использованием моделей на основе фреймов	8,5	0,5	1	7
6	Раздел 6. Продукционные правила, модели и системы представления знаний	26	2	10	14
6.1.	Алгоритм формирования рабочего набора продукционных правил, проверка на противоречивость и избыточность	7	1	-	6
6.2.	Вывод в продукционных системах: прямой и обратный вывод, поиск в	19	1	10	8

№ п/п	Раздел дисциплины	Академ. часов			
		Всего	Лекции	Практические занятия	Самостоятельная работа
	глубину и ширину. Процедура вывода решений на основе продукционных моделей представления знаний на примерах задач классификации, выбора, и управления в химической технологии				
7	Раздел 7. Экспертные обучающие системы и тренажёрные комплексы в химической технологии	11	1	-	10
7.1.	Экспертные обучающие системы (ЭОС)	5,5	0,5		5
7.2.	Компьютерные тренажёрные обучающие комплексы (ТОК)	5,5	0,5	-	5
	Всего	144	17	34	93

4.2. Содержание разделов дисциплины

Введение. Цель и задачи курса. Краткий исторический очерк развития методов искусственного интеллекта, основанных на знаниях

Раздел 1. Принципы построения экспертных систем.

1.1. Экспертные системы. Понятие и классификация экспертных систем. Типовая структура и пользователи экспертной системы.

1.2. Этапы и средства построения экспертных систем. Стандартные оболочки для создания экспертных систем. Примеры использования экспертных систем для решения задач планирования, прогнозирования, диагностики и управления в химической технологии и нанотехнологии.

Раздел 2. Модели представления знаний в экспертных системах

2.1. Требования к представлению знаний в экспертных системах.

2.2. Классификация моделей представления знаний в системах искусственного интеллекта.

2.3. Методы сбора экспертных знаний и обработки экспертных оценок в процессе группового принятия решений. Требования к экспертам. Стратегии получения знаний. Структурирование знаний.

Раздел 3. Логические модели в системах, основанных на знаниях

3.1. Логика и логическое управление. Функции, аксиомы и теоремы (законы) алгебры логики.

3.2. Таблица состояний и таблица истинности. Построение дерева смены состояний химико-технологической системы.

3.3. Логические и логико-лингвистические модели представления знаний. Логические схемы.

3.4. Исчисление предикатов.

3.5. Правила вывода в логических моделях.

Раздел 4. Сетевые структурно-лингвистические модели представления знаний.

4.1. Семантические сети. Основные понятия, классификация, типы отношений.

Логический вывод в семантических сетях.

4.2. Онтологии: понятия, типы отношений, базовая методология создания.

4.3. Нечеткие сети Петри.

Раздел 5. Фреймовые модели представления знаний об объектах химической технологии и нанотехнологии.

5.1. Понятие и классификация фреймов. Способы представления.

5.2. Иерархическая структура фреймов. Множественное наследование. Процедуры логического вывода решений с использованием моделей на основе фреймов.

Раздел 6. Продукционные правила, модели и системы представления знаний.

6.1. Алгоритм формирования рабочего набора продукционных правил, проверка на противоречивость и избыточность.

6.2. Вывод в продукционных системах: прямой и обратный вывод, поиск в глубину и ширину. Процедура вывода решений на основе продукционных моделей представления знаний на примерах задач классификации, выбора, и управления в химической технологии и нанотехнологии.

Раздел 7. Экспертные обучающие системы и тренажёрные комплексы в химической технологии и нанотехнологии

7.1. Экспертные обучающие системы (ЭОС). Структура ЭОС. Базы знаний в ЭОС.

7.2. Компьютерные тренажерные обучающие комплексы (ТОК). Функциональная структура. Структура математического обеспечения модульного тренажера.

5. СООТВЕТСТВИЕ СОДЕРЖАНИЯ ТРЕБОВАНИЯМ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

№	В результате освоения дисциплины студент должен:	Раздел 1	Раздел 2	Раздел 3	Раздел 4	Раздел 5	Раздел 6	Раздел 7
	Знать:							
1	основные понятия, классификации и области применения экспертных систем для решения неформализованных задач химической технологии и нанотехнологии;	+						
2	теоретические основы создания и организации экспертных систем для решения задач проектирования, планирования, прогнозирования, диагностики и управления в химической технологии и нанотехнологии;	+	+					
3	модели представления знаний в экспертных системах;		+	+	+	+	+	
4	механизмы логического вывода в экспертных системах;			+	+	+	+	
5	методы и алгоритмы принятия решений в задачах проектирования, планирования и управления химико-технологическими процессами, нанопроцессами и производствами с использованием экспертных систем;			+	+	+	+	
6	методы и подходы к созданию экспертных обучающих систем и тренажерных комплексов для управления химико-технологическими процессами, нанопроцессами, системами и химическими предприятиями.							+
	Уметь:							
7	формулировать постановки задач проектирования, прогнозирования, планирования, оптимизации и управления объектами химической технологии и нанотехнологии в условиях неопределенности и выбирать методы решения данных задач с использованием экспертных систем;	+						
8	разрабатывать базы правил и базы знаний для создания экспертных систем в химической технологии и нанотехнологии;			+	+	+	+	
9	разрабатывать алгоритмы логического вывода в экспертных системах.			+	+	+	+	
	Владеть:							
10	навыками использования современных оболочек экспертных систем для решения задач поддержки принятия решений и управления в химической технологии и нанотехнологии.				+	+	+	

№	В результате освоения дисциплины студент должен:		Раздел 1	Раздел 2	Раздел 3	Раздел 4	Раздел 5	Раздел 6	Раздел 7
В результате освоения дисциплины студент должен приобрести следующие <u>универсальные и профессиональные компетенции и индикаторы их достижения:</u>									
	Код и наименование УК (перечень из п.2)	Код и наименование индикатора достижения УК (перечень из п.2)							
	УК-1. Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий	УК-1.1 Знает методы осуществления поиска вариантов решения поставленной проблемной ситуации на основе доступных источников информации	+	+	+	+	+	+	+
		УК-1.2 Умеет определять в рамках выбранного алгоритма вопросы или задачи, подлежащие дальнейшей разработке	+	+	+	+	+	+	+
		УК-1.3 Владеет способами планирования работы для решения поставленных задач	+	+	+	+	+	+	+
	Код и наименование ПК (перечень из п.2)	Код и наименование индикатора достижения ПК (перечень из п.2)							
	ПК-1. Способен формулировать научно-исследовательские задачи в области наноинженерии и решать их.	ПК-1.1 Знает современные методы, использующиеся при проведении научных исследований в наноинженерии, и основные этапы выполнения научно-исследовательской работы.	+	+	+	+	+	+	+
		ПК-1.2 Умеет применять полученные знания для системного и комплексного проведения научных исследований в области профессиональной деятельности.	+	+	+	+	+	+	+
		ПК-1.3 Владеет приёмами обработки, анализа, интерпретации и представления результатов эксперимента, навыками подготовки научно-технических отчетов.	+	+	+	+	+	+	+
	ПК-2. Готов к анализу и систематизации научно-технической информации по теме исследования, выбору методик и средств решения задачи, анализу результатов и их	ПК-2.2 Умеет применять информационно-коммуникационные технологии для сбора, структурирования и анализа информации и программно-информационные комплексы для проведения научно-	+	+	+	+	+	+	+

№	В результате освоения дисциплины студент должен:		Раздел 1	Раздел 2	Раздел 3	Раздел 4	Раздел 5	Раздел 6	Раздел 7
	интерпретации	исследовательских работ							
		ПК-2.3 Владеет навыками проведения информационного поиска и обработки научно-технической информации	+	+	+	+	+	+	+
	ПК-3. Способен к анализу технологических процессов нанотехнологической промышленности	ПК-3.3 Владеет методами оценки технологических процессов с позиции эффективного использования ресурсов и обеспечения безопасности в области профессиональной деятельности		+	+	+	+	+	+

6. ПРАКТИЧЕСКИЕ И ЛАБОРАТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ

6.1. Практические занятия

Примерные темы практических занятий по дисциплине

№ п/п	№ раздела дисциплины	Темы практических занятий	Часы
1.	3.1	Разработка логических моделей (функций) представления знаний для решения задач планирования и управления химико-технологическими процессами и системами. Использование аксиом и теорем алгебры логики для преобразования логических функций	6
2.	3.2-3.3	Решение задач построения логической схемы по логической функции, логической функции по логической схеме, логической функции по таблице истинности	4
3.	3.4, 3.5	Использование логики предикатов для разработки логической модели процесса взаимодействия аппаратов периодического действия	2
4.	4.1	Представление знаний о технологических процессах, о типовом оборудовании химических производств с использованием семантических сетей	4
5.	4.2	Представление знаний о типовом оборудовании химических производств с использованием онтологий	4
6.	5.1, 5.2	Представление знаний о технологических процессах, о типовом оборудовании химических производств с использованием фреймов	4
7.	6.2	Составление продукционных правил и продукционных моделей представления знаний для принятия решений по управлению технологическими процессами в заданном технологическом регламенте, предаварийном и аварийном режимах	4
8.	6.2	Изучение функциональных возможностей стандартных оболочек экспертных систем для решения задач планирования и управления химико-технологическими процессами и химическими производствами	6
		ИТОГО	34

6.2. Лабораторные занятия

Лабораторные занятия не предусмотрены.

9. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА

Рабочей программой дисциплины предусмотрена самостоятельная работа студента в объёме 93 часов. Самостоятельная работа проводится с целью углубления знаний по дисциплине и предусматривает:

- регулярную проработку пройденного на лекциях и практических занятиях учебного материала;
- подготовку к контрольным работам;
- написание реферата;

– ознакомление и проработку рекомендованной литературы, и работу с электронно-библиотечными системами, включая переводы публикаций из научных журналов, цитируемых в базах Scopus, Web of Science, РИНЦ;

– посещение отраслевых выставок, семинаров, конференций различного уровня;

Планирование времени на самостоятельную работу, необходимого на изучение дисциплины, студентам лучше всего осуществлять на весь период изучения, предусматривая при этом регулярное повторение пройденного материала. Материал, законспектированный на лекциях, необходимо регулярно дополнять сведениями из литературных источников, представленных в рабочей программе. При работе с указанными источниками рекомендуется составлять краткий конспект материала, с обязательным фиксированием библиографических данных источника.

8. ПРИМЕРЫ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

По дисциплине «Экспертные системы в химической технологии и нанотехнологии» предусмотрены следующие баллы текущего контроля освоения дисциплины:

- Контрольная работа №1 (раздел 3) – 12 баллов;
- Контрольная работа №2 (раздел 3) – 12 баллов;
- Контрольная работа №3 (раздел 4,5) – 12 баллов;
- Контрольная работа №4 (раздел 6) – 14 баллов;
- Реферат – 10 баллов.

8.1. Примеры контрольных работ для текущего контроля освоения дисциплины

1. Решение типовых задач на формирование набора возможных состояний химико-технологической системы в виде таблицы состояний, построение дерева смены состояний химико-технологической системы и соответствующей таблицы истинности.

Максимальная оценка контрольной работы – 12 баллов.

Вариант 1.

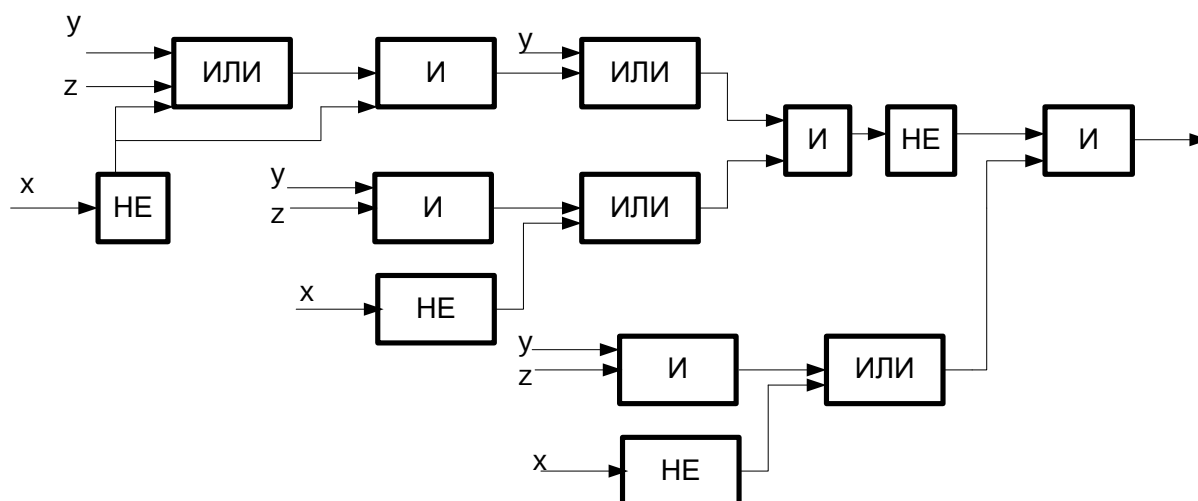
Сформировать набор возможных состояний системы, состоящей из одного продукта, обрабатываемого последовательно на двух аппаратах, и склада для хранения сырья и готовой продукции. Составить перечень возможных действий для перехода между состояниями системы. Построить таблицу истинности и дерево переходов между состояниями. Определить исходное и целевое состояния системы.

2. Решение типовых задач построения логических зависимостей по логическим схемам (и обратной задачи), таблицам истинности. Использование аксиом и теорем алгебры логики для упрощения логических зависимостей.

Максимальная оценка контрольной работы – 12 баллов.

Вариант 5

Для заданной логической схемы записать функциональную зависимость от трёх логических переменных и построить таблицу истинности. С использованием аксиом и теорем алгебры логики упростить полученную функцию, построить для неё логическую схему и проверить её правильность с помощью таблицы истинности.



3. Решение типовых задач использования семантических сетей и фреймов для представления знаний о технологических процессах, о типовом оборудовании химических производств.

Максимальная оценка контрольной работы – 12 баллов.

ВАРИАНТ 3

Модели представления знаний: фреймы и семантические сети.

Представить знаний о технологическом процессе осаждения сульфида меди и удаления из реакционной массы избыточного аммиака (стадия ТП-3.2), заданные технологическим регламентом:

- в виде семантической сети (технологический процесс);
- в виде фреймов

ТП-3.2. Осаждение сульфида меди и удаление из реакционной массы избыточного аммиака

Аммонийная соль 6-аминовератровой кислоты – соединение нестойкое и в присутствии аммиака меди быстро окисляется кислородом воздуха, поэтому к реакционной массе сразу после окончания процесса добавляют сульфид натрия для перевода меди в осадок в виде сульфида в аппарате Р-33.

Расход сульфида натрия 1 моль на 1 моль загруженной меди. При отсутствии меди в растворе, реакционную массу переносят в аппарат Р-34 и через холодильник Т-35 и две ловушки Сб-39 (пустая) и Сб-40 (с водой) удаляют избыток аммиака при $P_{ост}$ 20 кПа и 23 °С в течение 2 ч, после чего отключают ловушки, дают холодную воду в холодильник Т-35, горячую воду в рубашку аппарата Р-34, в системе создают $P_{ост}$ 15-20 кПа и при температуре в массе 63 ± 2 °С отгоняют часть воды в Сб-36. Подъем температуры при отгонке воды выше 65 °С снижает выход «Фенилмочевины». Охлаждающуюся реакционную массу пуском холодной воды в рубашку аппарата до 23 °С и сульфид меди отфильтровывают на фильтре Ф-41. Осадок промывают водой через аппарат и отправляют на обезвреживание. Фильтрат направляют на ТП-3.3 в аппарат Р-44.

4. Решение типовых задач составления систем продукционных правил и продукционных моделей представления знаний по управлению технологическими процессами в заданном технологическом регламенте режиме с целью получения целевого продукта заданного качества, предаварийном и аварийном режимах.

Максимальная оценка контрольной работы – 14 баллов.

ВАРИАНТ 4

Модели представления знаний: продукционные. Составить систему

производственных правил и записать производственную модель представления знаний по управлению технологическим процессом получения хлорангидрида пироксалиевой кислоты (стадия ТП-8.1) в заданном технологическом регламенте режиме с целью получения целевого продукта заданного качества.

ТП-8.1. Получение хлорангидрида пироксалиевой кислоты

Хлорангидрид пироксалиевой кислоты получают взаимодействием пироксалиевой кислоты с хлористым тионом в присутствии катализатора – диметилформамида. Соотношение реагентов: 1,3 моль тиона хлористого на 1 моль пироксалиевой кислоты.

Реакция получения хлорангидрида проходит с выделением больших количеств кислых газов, что ведет к вспениванию реакционной массы. Вследствие этого коэффициент заполнения аппарата не должен превышать 0,5. Во избежание вспенивания и выброса реакционной массы проводят медленное, в течение 2 ч, нагревание реакционной массы до температуры 80 ± 5 °С, при которой завершается процесс.

В аппарат Р-83 с двумя поглотительными ловушками, одна из которых Л-84а – пустая, другая Л-84б заполнена водой, загружают из аппарата Р-254 толуольный раствор пироксалиевой кислоты, из мерника М-86 – диметилформамид. Подают воду в рубашку аппарата Р-83 и на обратный холодильник Т-85 и перемешивают реакционную массу при температуре около 20 °С в течение 20 мин, затем при этой же температуре из мерника М-87 в течение 30 мин прибавляют тионил хлористый так, чтобы температура в массе не поднималась выше 20 °С.

По окончании прибавления прекращают подачу охлажденной воды в рубашку аппарата и нагревают массу подачей паро-водяной смеси в рубашку аппарата до температуры 85 °С со скоростью подъема температуры 0,5 °С в мин в течение 2 ч. При температуре 83 ± 5 °С дают выдержку при перемешивании в течение 4 ч.

По окончании выдержки прекращают внешний обогрев, пуском воды в рубашку аппарата охлаждают массу до температуры 20 ± 5 °С. Мешалку останавливают и отбирают пробу для определения конца реакции.

Хлорангидрид пироксалиевой кислоты – сильный лакриматор!

Реакция считается законченной, если в реакционной массе содержание пироксалиевой кислоты не превышает 0,2 %.

8.2. Примерная тематика реферативно-аналитической работы

Максимальная оценка – 10 баллов.

1. Использование экспертных систем в химической, нефтехимической, нефтеперерабатывающей и смежных отраслях промышленности для решения задач планирования.
2. Обзор современных средств разработки экспертных систем.
3. Обзор современных программных средств, реализующих методы искусственного интеллекта.
4. Обзор современных подходов, методов и оболочек для реализации тренажерных обучающих комплексов и экспертных обучающих систем.
5. Использование экспертных систем в химической, нефтехимической, нефтеперерабатывающей и смежных отраслях промышленности для решения задач управления.
6. Современное состояние в области разработки промышленных тренажеров для подготовки операторов-технологов (химическая и смежные отрасли промышленности).
7. Использование интеллектуальных систем для диагностики и прогнозирования аварийных ситуаций на предприятиях.
8. Примеры использования семантических сетей для представления знаний об объектах химической технологии.

9. Примеры использования фреймов для представления знаний об объектах химической технологии.
10. Примеры практического использования экспертных обучающих систем в профессиональном образовании.
11. Примеры использования логики предикатов для представления знаний и построения экспертных систем в химической, нефтехимической, нефтеперерабатывающей и смежных отраслях промышленности.
12. Обзор интеллектуальных систем автоматизированного проектирования технологических процессов и систем.
13. Системы интеллектуального мониторинга в промышленности.
14. Обзор интеллектуальных систем контроля сложных технологических процессов.
15. Архитектура и примеры гибридных экспертных систем.
16. Примеры экспертных систем поддержки принятия решений в химической и смежных отраслях промышленности.
17. Деревья принятия решений. Понятие. Классификация. Программное обеспечение. Примеры использования в химической и смежных отраслях промышленности.
18. Системы обработки естественного языка.
19. Обзор методов моделирования рассуждений.
20. Нейлоровские диагностирующие системы. Примеры.
21. Обзор экспертных систем на основе байесовского подхода.
22. Статические, квазидинамические и динамические экспертные системы химической технологии и нанотехнологии.
23. Миварный подход к разработке экспертных систем.
24. Таксономические экспертные системы.

8.3. Вопросы для итогового контроля освоения дисциплины (Зачет с оценкой)

Итоговый контроль освоения материала дисциплины проводится в форме зачета с оценкой. Билет содержит три практических задания. Максимальная оценка за задание 1 – 13 баллов, за задание 2 – 13 баллов, за задание 3 – 14 баллов. Максимальная оценка за ответ на зачете – 40 баллов.

Для каждого задания приводится фрагмент технологического регламента, плана локализации и ликвидации аварийных ситуаций или описание типового оборудования химических производств.

1. Модели представления знаний: семантические сети. Использование семантической сети для представления знаний о типовом оборудовании химических производств (по заданию преподавателя).

2. Модели представления знаний: семантические сети. Использование семантической сети для представления знаний о технологическом процессе (по заданию преподавателя).

3. Модели представления знаний: фреймы. Использование фреймов для представления знаний о типовом оборудовании химических производств (по заданию преподавателя).

4. Модели представления знаний: фреймы. Использование фреймов для представления знаний о технологическом процессе (по заданию преподавателя).

5. Модели представления знаний: продукционные. Составить систему продукционных правил и записать продукционную модель представления знаний по управлению технологическим процессом в штатном режиме (по заданию преподавателя).

6. Модели представления знаний: продукционные. Составить систему продукционных правил и записать продукционную модель представления знаний по управлению технологическим процессом в предаварийном режиме (по заданию преподавателя).

7. Модели представления знаний: продукционные. Представить в виде

продукционной модели алгоритм выбора метода очистки сточных вод (по заданию преподавателя).

8. Модели представления знаний: продукционные. Записать систему продукционных правил для выбора метода очистки сточных вод (по заданию преподавателя).

9. Модели представления знаний: семантические сети и фреймы. Использование семантической сети и фреймов для представления знаний о типовом оборудовании химических производств (по заданию преподавателя).

Фонд оценочных средств приведен в виде отдельного документа, являющегося неотъемлемой частью основной образовательной программы.

8.4. Структура и примеры билетов для зачета с оценкой

Зачет с оценкой по дисциплине «*Экспертные системы в химической технологии и нанотехнологии*» проводится во 2 семестре и включает три практических задания по разделу 3 рабочей программы дисциплины. Билет для **зачета с оценкой** состоит из 3 вопросов, относящихся к указанному разделу. Ответы на вопросы зачета с оценкой оцениваются из максимальной оценки 40 баллов следующим образом: максимальное количество баллов за первое задание – 13 баллов, второе – 13 баллов, третье – 14 баллов.

Пример билета для **зачета с оценкой**.

«Утверждаю» Зав. каф. КХТП (Должность, название кафедры) _____ Глебов М.Б. (Подпись) (И. О. Фамилия) «__» _____ 20__ г.	Министерство науки и высшего образования РФ Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева
	Кафедра кибернетики химико-технологических процессов 28.04.02 Наноинженерия Магистерская программа «Материалы и технологии наноинженерии» Дисциплина «Экспертные системы в химической технологии и нанотехнологии»
Билет № 1 1. Модели представления знаний: семантические сети. Использование семантических сетей для представления знаний о технологическом процессе получения лидокаина гидрохлорида (стадия ТП-3.1). <u>ТП-3.1. Получение ацетонового раствора 2-диэтиламино-2',6'-ацетксилидида.</u> В аппарат Р-29 из мерника М-30 загружают ацетон ($m=2,337$ т, $\rho=595,5$ кг/м³) и при работающей мешалке через люк загружают основание лидокаина ($m=0,923$ т, $\rho=790$ кг/м³). Суспензию перемешивают в течение 30-40 мин до полного растворения продукта. Через люк загружают активированный уголь ($m=0,047$ т) и массу перемешивают еще 30 мин. Полученную суспензию фильтруют на друк-фильтре Ф-31. Уголь на фильтре трижды промывают ацетоном ($m=0,916$ т, $\rho=789,6$ кг/м³) через аппарат Р-29. Ацетоновый раствор основания лидокаина и промывной ацетон с фильтра Ф-31 направляют в аппарат Р-32 на операцию ТП-3.2. Уголь с фильтрующим материалом направляют на термическое обезвреживание. Общее время на стадии 5,5 часов. 2. Модели представления знаний: фреймы. Использование фреймов для представления знаний о технологическом процессе получения лидокаина гидрохлорида (стадия ТП-3.2). <u>ТП-3.2. Получение лидокаина гидрохлорида.</u> К ацетоновому раствору основания лидокаина ($m=4,139$ т, $\rho=635,5$ кг/м³) при работающей мешалке в аппарате Р-32 из мерника М-33 в течение	

30-40 мин прибавляют соляную кислоту ($m = 0,407 \text{ т}$, $\rho = 1183 \text{ кг/м}^3$). Температура массы при этом поднимается до $40 \pm 2^\circ\text{C}$. Прибавление кислоты ведут до pH массы 3,5-4. Пуском заходящей воды в рубашку аппарата раствор охлаждают до температуры $20 \pm 2^\circ\text{C}$, вносят заправку лидокаина гидрохлорида и перемешивают массу в течение 3 ч. Пуском рассола в рубашку аппарата Р-32 суспензию охлаждают до температуры $3 \pm 2^\circ\text{C}$, перемешивают в течение 1 ч и передают на фильтрацию. Общее время на стадии 6 часов.

3. Модели представления знаний: производственные. Составить систему производственных правил и записать производственную модель представления знаний по управлению технологическим процессом блока ректификации секции 200 установки каталитического крекинга в предаварийном и аварийном режиме

Признаки аварийных ситуаций	Действия
Повышение давления в колонне К-201 выше $1,35 \text{ кгс/см}^2$	1. Включить в работу все холодильники воздушного охлаждения 201, увеличить поступление оборотной воды в Х-201/1,2,3. 2. Прекратить подачу орошения закрытием регулирующего клапана FCA 2-329. Температуру на верхней тарелке поддерживать подачей верхнего циркуляционного орошения. 3. Давление по газовому тракту К-201 – О-201 регулировать сбросом «факел» через регулирующий клапан PCA 2-13. 4. При остановке газовых компрессоров ЦК-301/1,2,р восстановить работоспособность. 5. Уровень в колонне поддерживать подачей гидрогенизата через клапан дистанционного управления НС 2-29. Постоянно контролировать работу насосов циркуляционных орошений К-201. 6. Действия по секциям 100, 300 производить согласно указанию администрации цеха, установки. 7. При дальнейшем росте давления аварийно остановить установку.

9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

9.1. Рекомендуемая литература

А) Основная литература:

1. Болотова, Л. С. Системы поддержки принятия решений в 2 ч. Часть 1 : учебник и практикум для вузов / Л. С. Болотова ; ответственные редакторы В. Н. Волкова, Э. С. Болотов. — Москва : Издательство Юрайт, 2022. — 257 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-9916-8250-3. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/490259> (дата обращения: 20.04.2025).

2. Болотова, Л. С. Системы поддержки принятия решений в 2 ч. Часть 2 : учебник и практикум для вузов / Л. С. Болотова ; ответственные редакторы В. Н. Волкова, Э. С. Болотов. — Москва : Издательство Юрайт, 2022. — 250 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-9916-8251-0. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/471000> (дата обращения: 20.04.2025).

3. Воронов, М. В. Системы искусственного интеллекта : учебник и практикум для вузов / М. В. Воронов, В. И. Пименов, И. А. Небаев. — 2-е изд., перераб. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2024. — 268 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-17032-0. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/544161> (дата обращения: 20.01.2025).

Б) Дополнительная литература:

1. Химическая и биологическая безопасность: модели, методы и

интеллектуальные системы управления безопасностью: учеб. пособие / А. Ф Егоров, Т. В. Савицкая, П. Г. Михайлова, С. А. Лёвушкина. – М. : РХТУ им. Д. И. Менделеева, 2012. – 220 с. (подраздел 2.2 (9 с.), (подраздел 4.2 (34 с.)).

2. Дорохов И. Н., Меньшиков В. В. Системный анализ процессов химической технологии. Интеллектуальные системы и инженерное творчество в задачах интенсификации химико-технологических процессов и производств, М.: Наука, 2005. – 584 с.

3. Методологические основы построения экспертных систем в химической технологии [Текст] : учебное пособие / И.В. Хлебалкин, И.Н. Дорохов, Л.С. Гордеев, С.В. Николаев. - М. : РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2003. - 48 с.

4. Станкевич, Л. А. Интеллектуальные системы и технологии : учебник и практикум для вузов / Л. А. Станкевич. — 2-е изд., перераб. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2024. — 478 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-20363-9. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/558009> (дата обращения: 20.04.2025).

9.2. Рекомендуемые источники научно-технической информации

Научно-технические журналы:

– Интеллектуальные системы в производстве. ISSN печатной версии – 1813-7911, ISSN онлайн-версии – 2410-9304;

– Интеллектуальные системы. Теория и приложения (Интеллектуальные системы (до 2014 года)); ISSN печатной версии – 2411-4448

– Искусственный интеллект и принятие решений. ISSN печатной версии – 2071-8594;

– Информационные технологии в проектировании и производстве. ISSN печатной версии – 2073-2597;

– Artificial intelligence. ISSN печатной версии – 0004-3702, ISSN онлайн-версии – 1872-7921;

– Engineering applications of artificial intelligence. ISSN печатной версии – 0952-1976, ISSN онлайн-версии – 1873-6769.

Ресурсы информационно-телекоммуникационной сети Интернет:

1. Национальный портал в сфере Искусственного интеллекта (ИИ) и применения нейросетей в России [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://ai.gov.ru/> (дата обращения: 17.04.2025).

2. TAdviser [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.tadviser.ru/> (дата обращения: 20.04.2025).

9.3. Средства обеспечения освоения дисциплины

Для реализации рабочей программы подготовлены следующие средства обеспечения освоения дисциплины:

Подготовлены:

- электронные конспекты лекций по отдельным разделам дисциплины;
- компьютерные презентации лекций по отдельным разделам дисциплины;
- варианты заданий для выполнения контрольных работ, направленных на приобретение студентами навыков разработки моделей представления знаний для создания экспертных систем в химической технологии;
- темы рефератов и требования к их оформлению.

Указанные информационно-образовательные ресурсы размещены на учебном портале РХТУ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://study.muctr.ru/course/view.php?id=208> (дата обращения: 15.04.2025).

При использовании электронного обучения и дистанционных образовательных технологий занятия полностью или частично проводятся в режиме онлайн с использованием LMS Moodle, включая обмен сообщениями, новостной форум и др.

10. ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНОМ ПРОЦЕССЕ

Информационную поддержку изучения дисциплины осуществляет Информационно-библиотечный центр (ИБЦ) РХТУ им. Д.И. Менделеева, который обеспечивает обучающихся основной учебной, учебно-методической и научной литературой, необходимой для организации образовательного процесса по дисциплине. Общий объем многоотраслевого фонда ИБЦ на 01.01.2025 г. составляет 1 563 142 экз.

Фонд ИБЦ располагает учебной, учебно-методической и научно-технической литературой в форме печатных и электронных изданий, а также включает официальные, справочно-библиографические, специализированные отечественные и зарубежные периодические и информационные издания. ИБЦ обеспечивает доступ к профессиональным базам данных, информационным, справочным и поисковым системам.

Каждый обучающийся обеспечен свободным доступом из любой точки, в которой имеется доступ к сети Интернет и к электронно-библиотечной системе (ЭБС) Университета, которая содержит различные издания по основным изучаемым дисциплинам и сформирована по согласованию с правообладателями учебной и учебно-методической литературы.

Для более полного и оперативного справочно-библиографического и информационного обслуживания в ИБЦ реализована технология Электронной доставки документов.

Полный перечень электронных информационных ресурсов, используемых в процессе обучения, представлен в основной образовательной программе.

11. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

В соответствии с учебным планом занятия по дисциплине «**Экспертные системы в химической технологии и нанотехнологии**» проводятся в форме лекций, практических занятий и самостоятельной работы студента.

11.1. Оборудование, необходимое в образовательном процессе:

На кафедре КХТП для проведения занятий по дисциплине имеется 1 компьютерный класс с 13 компьютерами, объединенными в локальную сеть с выходом в Интернет, и одним принтером.

Для проведения практических занятий по дисциплине имеются: учебная аудитория, оборудованная мультимедийным оборудованием.

11.2. Учебно-наглядные пособия

Фрагменты технологических регламентов производств, режимные листы установок.

11.3. Компьютеры, информационно-телекоммуникационные сети, аппаратно-программные и аудиовизуальные средства:

На кафедре КХТП для проведения практических занятий по дисциплине имеются персональные компьютеры с предустановленным стандартным и специализированным лицензионным программным обеспечением, приведенным в разделе 11.5.

При необходимости использования аудиовизуального материала на лекциях или при проведении лабораторных работ на кафедре имеются проектор и настенный экран, а также звуковые колонки.

Все компьютеры объединены в единую локальную сеть и имеют доступ к глобальной сети Интернет.

11.4. Печатные и электронные образовательные и информационные ресурсы

Презентации лекций и семинарских занятий по разделам дисциплины.

Информационно-образовательные, информационно-методические, учебно-исследовательские ресурсы представлены на учебном портале РХТУ им. Д.И. Менделеева.

11.5. Перечень лицензионного программного обеспечения

№ п/п	Наименование программного продукта	Реквизиты договора поставки	Количество лицензий	Срок окончания действия лицензии
1.	Protege Бесплатный редактор онтологий с открытым исходным кодом и фреймворк для построения интеллектуальных систем	Доступна на сайте разработчика по ссылке https://protege.stanford.edu/software.php#desktop-protege	-	Свободно распространяемое программное обеспечение
2.	Microsoft Office Standard 2019 В составе: • Word • Excel • Power Point • Outlook	Контракт №175- 262ЭА/2019 от 30.12.2019	13 лицензий для активации на рабочих станциях	12 месяцев (ежегодное продление подписки с правом перехода на обновлённую версию продукта)

12. ТРЕБОВАНИЯ К ОЦЕНКЕ КАЧЕСТВА ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Наименование разделов	Основные показатели оценки	Формы и методы контроля и оценки
Раздел 1. Принципы построения экспертных систем	Знает: основные понятия, классификации и области применения экспертных систем для решения неформализованных задач химической технологии и нанотехнологии. теоретические основы создания и организации экспертных систем для решения задач проектирования, планирования, прогнозирования, диагностики и управления в химической технологии и нанотехнологии;	Оценка за реферат. Оценка на зачете

Наименование разделов	Основные показатели оценки	Формы и методы контроля и оценки
	Умеет: формулировать постановки задач проектирования, прогнозирования, планирования, оптимизации и управления объектами химической технологии и нанотехнологии в условиях неопределенности и выбирать методы решения данных задач с использованием экспертных систем	
Раздел 2. Модели представления знаний в экспертных системах	Знает: теоретические основы создания и организации экспертных систем для решения задач проектирования, планирования, прогнозирования, диагностики и управления в химической технологии и нанотехнологии; модели представления знаний в экспертных системах.	Оценка за реферат. Оценка на зачете.
Раздел 3. Логические модели в системах, основанных на знаниях	Знает: модели представления знаний в экспертных системах; механизмы логического вывода в экспертных системах; методы и алгоритмы принятия решений в задачах проектирования, планирования и управления химико-технологическими процессами, нанопроцессами и производствами с использованием экспертных систем. Умеет: разрабатывать базы правил и базы знаний для создания экспертных систем в химической технологии и нанотехнологии; разрабатывать алгоритмы логического вывода в экспертных системах.	Оценки за контрольные работы №1, 2. Оценка за реферат. Оценка на зачете
Раздел 4. Сетевые структурно-лингвистические модели представления знаний	Знает: модели представления знаний в экспертных системах; механизмы логического вывода в экспертных системах; методы и алгоритмы принятия решений в задачах проектирования, планирования и управления химико-технологическими процессами, нанопроцессами и производствами с использованием экспертных систем. Умеет: разрабатывать базы правил и базы знаний для создания экспертных систем в химической технологии и нанотехнологии; разрабатывать алгоритмы логического вывода в экспертных системах. Владеет: навыками использования современных оболочек экспертных систем для решения задач поддержки принятия решений и управления в химической технологии и нанотехнологии.	Оценка за контрольную работу №3. Оценка за реферат. Оценка на зачете.
Раздел 5. Фреймовые модели	Знает: модели представления знаний в экспертных системах;	Оценка за контрольную

Наименование разделов	Основные показатели оценки	Формы и методы контроля и оценки
представления знаний об объектах химической технологии	механизмы логического вывода в экспертных системах; методы и алгоритмы принятия решений в задачах проектирования, планирования и управления химико-технологическими процессами, нанопроцессами и производствами с использованием экспертных систем. Умеет: разрабатывать базы правил и базы знаний для создания экспертных систем в химической технологии и нанотехнологии; разрабатывать алгоритмы логического вывода в экспертных системах. Владеет: навыками использования современных оболочек экспертных систем для решения задач поддержки принятия решений и управления в химической технологии и нанотехнологии.	работу №3. Оценка за реферат. Оценка на зачете.
Раздел 6. Продукционные правила, модели и системы представления знаний	Знает: модели представления знаний в экспертных системах; механизмы логического вывода в экспертных системах; методы и алгоритмы принятия решений в задачах проектирования, планирования и управления химико-технологическими процессами, нанопроцессами и производствами с использованием экспертных систем. Умеет: разрабатывать базы правил и базы знаний для создания экспертных систем в химической технологии и нанотехнологии; разрабатывать алгоритмы логического вывода в экспертных системах. Владеет: навыками использования современных оболочек экспертных систем для решения задач поддержки принятия решений и управления в химической технологии и нанотехнологии.	Оценка за контрольную работу №4. Оценка за реферат. Оценка на зачете.
Раздел 7. Экспертные обучающие системы и тренажёрные комплексы в химической технологии	Знает: методы и подходы к созданию экспертных обучающих систем и тренажерных комплексов для управления химико-технологическими процессами, системами и химическими предприятиями. Умеет: разрабатывать базы правил и базы знаний для создания экспертных систем в химической технологии и нанотехнологии.	Оценка за реферат. Оценка на зачете

13. ОСОБЕННОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ДЛЯ ИНВАЛИДОВ И ЛИЦ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ

Обучение инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья осуществляется в соответствии с:

– Порядком организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры (Приказ Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 06.04.2021 № 245);

– Положением о порядке организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева», принятым решением Ученого совета РХТУ им. Д.И. Менделеева от 28.12.2022, протокол № 5;

– Методическими рекомендациями по организации образовательного процесса для обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья в образовательных организациях высшего образования, в том числе оснащенности образовательного процесса (утверждены заместителем Министра образования и науки РФ А.А. Климовым от 08.04.2014 № АК-44/05вн).

Дополнения и изменения к рабочей программе дисциплины
«Экспертные системы в химической технологии и нанотехнологии»
 основной образовательной программы
 по направлению подготовки
 28.04.02 Наноинженерия
 Магистерская программа
 «Материалы и технологии наноинженерии»

Форма обучения: очная

Номер изменения/ дополнения	Содержание дополнения/изменения	Основание внесения изменения/дополнения
		протокол заседания кафедры № _____ от «___» _____ 20__ г.
		протокол заседания кафедры № _____ от «___» _____ 20__ г.
		протокол заседания кафедры № _____ от «___» _____ 20__ г.
		протокол заседания кафедры № _____ от «___» _____ 20__ г.



РХТУ им. Д.И. Менделеева
 ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН ПРОСТОЙ
 ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ

Владелец: Лемешев Дмитрий Олегович
 Проректор по учебной работе,
 Ректорат

Подписан: 28/03/2026 14:50:15