

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Романчук Иван Сергеевич  
Должность: Ректор  
Дата подписания: 24.02.2025 16:45:41  
Уникальный программный ключ:  
6319edc2b582ffdacea443f01d5779368d0957ac34f5cd074d81181530452479

ФГАОУ ВО «Тюменский государственный университет»

УТВЕРЖДЕНО  
Заместителем директора  
Физико-технического института  
Крековым С.А.  
РАЗРАБОТЧИК  
ГАНОПОЛЬСКИЙ Р.М.

ИСТОРИЯ ФИЗИКИ  
Рабочая программа  
для обучающихся по направлениям подготовки  
03.03.02 Физика, для всех профилей направления подготовки;  
16.03.01 Техническая физика, для всех профилей направления подготовки;  
форма обучения очная

## 1. Планируемые результаты освоения дисциплины

### 1.1. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения данной дисциплины:

Формируемые компетенции для направления подготовки 03.03.02 Физика: УК-1.

Формируемые компетенции для направления подготовки 16.03.01 Техническая физика: УК-1.

### 1.2. Индикаторы достижения компетенций, соотнесенные с планируемыми результатами обучения:

В результате освоения дисциплины «История физики» обучающийся должен получить:

**знания:** истории развития физики, современных теорий физики.

**умения:** понимать, излагать и критически анализировать базовую общезначимую информацию; использовать физические принципы при анализе и решении проблем.

**навыки:** опыта поиска информации по заданной теме, устного доклада, анализа чужой гипотезы, аргументированного доказательства своей гипотезы.

## 2. Структура и трудоемкость дисциплины

Таблица 1

Вид учебной работы		Всего часов	Кол-во часов в семестре (ак.ч.)
			5-8*
<b>Общая трудоемкость</b>	<b>зач. ед.</b>	4	4
	<b>час</b>	144	144
Из них:			
<b>Часы аудиторной работы (всего):</b>		64	64
Лекции		32	32
Практические занятия		32	32
Лабораторные / практические занятия по подгруппам		0	0
<b>Часы внеаудиторной работы, включая консультации, иную контактную работу и самостоятельную работу обучающегося</b>		80	80
Вид промежуточной аттестации (зачет, диф. зачет, экзамен)			Дифференцированный зачет

\* в зависимости от выбора обучающимся реализуемой дисциплины

### 3. Содержание дисциплины

Таблица 2

№	Тематика учебных встреч	Виды аудиторной работы (в ак. час.)			Итого аудиторных ак. часов по теме
		Лекции	Практические занятия	Лабораторные / практические занятия по подгруппам	
1	2	3	4	5	6
	Часов в 5-8* семестре	32	32	0	64
	История физики	32	32	0	64
1	Вводная лекция	2	0	0	2
2	Как сформировалась Стандартная модель 1	2	0	0	2
3	Как сформировалась Стандартная модель 2	2	0	0	2
4	Пресс-конференция	0	2	0	2
5	Как сформировалась Стандартная модель 3	2	0	0	2
6	Пресс-конференция	0	2	0	2
7	Как сформировалась Современная Космология 1	2	0	0	2
8	Пресс-конференция	0	2	0	2
9	Как сформировалась Современная Космология 2	2	0	0	2
10	Защита проекта перед Нобелевским комитетом	0	2	0	2
11	Периодизация развития физики.	2	0	0	2
12	Защита проекта перед Нобелевским комитетом	0	2	0	2
13	Элементы физических знаний в античную эпоху, в средние века.	2	0	0	2
14	Защита проекта перед Нобелевским комитетом	0	2	0	2
15	Возникновение экспериментальной науки.	2	0	0	2
16	Дискуссия сторонников двух противоположных гипотез	0	2	0	2
17	Развитие механики. Галилей и Ньютон, завершение классической механики.	2	0	0	2
18	Дискуссия сторонников двух противоположных гипотез	0	2	0	2

19	Развитие механики сплошных сред. Современные проблемы механики.	2	0	0	2
20	Дискуссия сторонников двух противоположных гипотез	0	2	0	2
21	Развитие оптики. Геометрическая и волновая оптика. Современные проблемы оптики.	2	0	0	2
22	Мозговой штурм	0	2	0	2
23	Развитие учения о теплоте. Термодинамика и молекулярная физика 19-го века. Современные проблемы теплофизики.	2	0	0	2
24	Мозговой штурм	0	2	0	2
25	Развитие физики электромагнитных явлений. Становление классических представлений об электромагнитном поле.	2	0	0	2
26	Мозговой штурм	0	2	0	2
27	Проблемы современной науки	2	0	0	2
28	Доклад по истории открытия	0	2	0	2
29	На пороге новых открытий	2	0	0	2
30	Доклад по истории открытия	0	2	0	2
31	Доклад по истории открытия	0	2	0	2
32	Семинар для сдачи долгов	0	2	0	2
33	Дифференцированный зачет по дисциплине	0	0	0	0
	Итого (ак. часов)	32	32	0	64

\* в зависимости от выбора обучающимся реализуемой дисциплины

#### 4. Система оценивания.

Обучающиеся, не набравшие 61 балла в течение семестра, или не согласные с оценкой, полученной по итогам текущего контроля в семестре, проходят промежуточную аттестацию в форме дифференцированного зачета.

При проведении промежуточной аттестации результаты, полученные обучающимся в семестре, переводятся в формат традиционной оценки в соответствии со шкалой перевода баллов:

- 60 баллов и менее – «неудовлетворительно»;
- от 61 до 75 баллов – «удовлетворительно»;
- от 76 до 90 баллов – «хорошо»;
- от 91 до 100 баллов – «отлично».

#### 5. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

##### 5.1 Литература:

1. Розенбергер, Фердинанд. История физики [Электронный ресурс] = Die geschichte der physik in grundzügen / Ф. Розенбергер; перевод с немецкого под ред. И. Сеченова, вновь проверенный и переработанный В. С. Гохманом. — Электрон. текстовые дан. (1 файл : Кб). — Москва; Ленинград: Объединенное Научно-Техническое Издательство НКТП СССР. Главная редакция общетехнической литературы, 1936-1937. [Электронный ресурс]. Ч. 1. История физики в древности и в средние века. — 2-е изд. — Электрон. текстовые дан. (1 файл : 136 079 Кб), 1937 (Ленинград: 2-я типогр. ОНТИ им. Евг. Соколовой) — 125, [3]; 22 см. — Загл. с титул. экрана. — Электрон. версия печ. публикации. —

Место хранения – Библиотечно-музейный комплекс ТюмГУ ; 625003, г. Тюмень, ул. Семакова, д. 18. — Свободный доступ из сети Интернет (чтение). — Adobe Acrobat Reader 7.0. — URL: [https://library.utmn.ru/dl/Rare\\_book/Rozenberger1.pdf](https://library.utmn.ru/dl/Rare_book/Rozenberger1.pdf) (дата обращения: 25.05.2020).

2. Розенбергер, Фердинанд. История физики [Электронный ресурс] = Die geschichte der physik in grundzügen / Ф. Розенбергер; перевод с немецкого под ред. И. Сеченова, вновь проверенный и переработанный В. С. Гохманом. — Электрон. текстовые дан. (1 файл : Кб). — Москва; Ленинград: Объединенное Научно-Техническое Издательство НКТП СССР. Главная редакция общетехнической литературы, 1936-1937. [Электронный ресурс]. Ч. 2. История физики в новое время. — 2-е изд. — Электрон. текстовые дан. (1 файл : 493 088 Кб), 1937 (Ленинград: 2-я тип. ОНТИ им. Евг. Соколовой) — 310, [2] с.: черт.; 22 см. — Загл. с титул. экрана. — Электрон. версия печ. публикации. — Место хранения – Библиотечно-музейный комплекс ТюмГУ ; 625003, г. Тюмень, ул. Семакова, д. 18. — Свободный доступ из сети Интернет (чтение). — Adobe Acrobat Reader 7.0. — URL: [https://library.utmn.ru/dl/Rare\\_book/Rozenberger2.pdf](https://library.utmn.ru/dl/Rare_book/Rozenberger2.pdf) (дата обращения: 25.05.2020).

## **5.2 Электронные образовательные ресурсы:**

1. eLIBRARY – Научная электронная библиотека (Москва) <http://elibrary.ru/>
2. Единое окно доступа к образовательным ресурсам: <http://window.edu.ru/window/>
3. Федеральный портал «Российское образование»: <http://www.edu.ru/>

## **6. Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы:** Не предусмотрено использование в данной дисциплине.

## **7. Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение, в том числе отечественного производства**

MS Office, платформа для электронного обучения Microsoft Teams.

**Лицензионное ПО:** Необходим пакет программ Microsoft Office, для случаев дистанционной формы обучения – Microsoft Teams.

## **8. Технические средства и материально-техническое обеспечение дисциплины**

Мультимедийная учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа оснащена следующими техническими средствами обучения и оборудованием: учебная мебель, доска аудиторная, мультимедийное проекционное и акустическое оборудование, персональный компьютер.

Мультимедийная учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа оснащена следующими техническими средствами обучения и оборудованием: учебная мебель, доска аудиторная, мультимедийное проекционное и акустическое оборудование, персональный компьютер.

Аудитория для самостоятельной работы оснащена следующими техническими средствами обучения и оборудованием: учебная мебель, доска аудиторная, мультимедийное проекционное и акустическое оборудование, персональные компьютеры.

ФГАОУ ВО «Тюменский государственный университет»

УТВЕРЖДЕНО

Заместителем директора

Физико-технического института

Крековым С.А.

РАЗРАБОТЧИК

Дружинина О.М.

МЕТОДИКА ПРЕПОДАВАНИЯ ФИЗИКИ

Рабочая программа

для обучающихся по направлениям подготовки

03.03.02 Физика, для всех профилей направления подготовки;

16.03.01 Техническая физика, для всех профилей направления подготовки;  
форма обучения очная

## **1. Планируемые результаты освоения дисциплины**

### **1.1. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения данной дисциплины: УК-3**

### **1.2. Индикаторы достижения компетенций, соотнесенные с планируемыми результатами обучения:**

#### **Знания:**

- теоретические основы организации работы в коллективе, теории управления, формирования лидерских качеств, роль и функции лидера в коллективе;
- основы планирования педагогической деятельности;
- теоретические основы организации педагогической деятельности;
- методики анализа и оценки результативности педагогической деятельности.

#### **Умения:**

- работать в коллективе, в малых группах, видеть цели и задачи педагогической деятельности, планировать пути их достижения, слышать и быть услышанным, формировать и развивать такие способности как: коммуникативность, динамизм, умение управлять собой и взаимодействовать, толерантно воспринимать социальные, этнические, конфессиональные и культурные различия;
- выстраивать учебный процесс для формирования и развития базовых, углубленных, межпредметных знаний, умений и навыков, базовых, профильных, универсальных учебных компетенций обучающихся.

#### **Навыки:**

- способность ориентироваться в социокультурной среде коллектива, в котором работаешь или организуешь деятельность, понимать различия между работой в большом коллективе, малой группе, планировать деятельность с учётом внутренней и внешней дифференциации, сочетать лидерские умения и навыки и исполнительские, брать ответственность за результаты педагогической деятельности на себя;
- способность логически, последовательно излагать учебный материал, выстраивать педагогическую деятельность с учётом профиля класса, выстраивать педагогическую деятельность на уровне интеграции естественнонаучных дисциплин;
- разрабатывать планы занятий, которые должны соответствовать школьному учебному плану и основываться на его стратегии;
- обеспечивать последовательность, поступательность материала, а также междисциплинарную связь своего предмета с другими;
- устанавливать требования, соответствующие уровню знаний учеников;
- излагать содержание нового материала ясно, логично, опираясь на опыт и знания учащихся;
- способствовать развитию речи и коммуникативных способностей учащихся;
- демонстрировать способность отбирать и использовать соответствующие учебные ресурсы, включая информационную технологию;
- ориентироваться в имеющейся учебно-методической литературе и использовать ее для построения собственного изложения соответствующего раздела;
- объяснять приложения теории к отдельным задачам;
- анализировать программы, учебники, методическую литературу;
- организовывать учебную деятельность учащихся, управлять ею и оценивать ее результаты;
- применять методы диагностики знаний учащихся для выявления сформированности их умений, навыков, а также затруднений в процессе обучения.

## 2. Структура и трудоемкость дисциплины

Таблица 1

Вид учебной работы		Всего часов	Кол-во часов в семестре (ак.ч.)
			5
<b>Общая трудоемкость</b>	зач. ед.	4	4
	час	144	144
Из них:			
<b>Часы аудиторной работы (всего):</b>		64	64
Лекции		32	32
Практические занятия		32	32
Лабораторные / практические занятия по подгруппам		0	0
<b>Часы внеаудиторной работы, включая консультации, иную контактную работу и самостоятельную работу обучающегося</b>		80	80
Вид промежуточной аттестации (зачет, диф. зачет, экзамен)			Дифференцированный зачет

## 3. Содержание дисциплины

Таблица 2

№	Тематика учебных встреч	Виды аудиторной работы (в ак.час.)			Итого аудиторных ак.часов по теме
		Лекции	Практические занятия	Лабораторные / практические занятия по подгруппам	
1	2	3	4	5	6
	Часов в 5 семестре	32	32	0	64
	Методика преподавания физики	32	32	0	64
1	Введение в дисциплину.	2	0	0	2
2	Методология педагогического исследования. Документы, регламентирующие учебный процесс в средних общеобразовательных	0	2	0	2
3	Методы исследования, применяемые в методике преподавания физики.	2	0	0	2
4	Формирование у учащихся мотивов учения и познавательных интересов. Варианты систем физического образования. Пропедевтика физических знаний в курсе	0	2	0	2



	естествознания. Планирование работы учителем.				
5	Задачи и содержание школьного курса физики.	2	0	0	2
6	Формирование научного мировоззрения. Экологическое образование учащихся в процессе обучения физике.	0	2	0	2
7	Современные теории обучения и методы обучения физики в средней школе.	2	0	0	2
8	Обобщение и систематизация знаний учащихся по физике. Развитие мышления учащихся на уроках физики.	0	2	0	2
9	Средства наглядности в процессе обучения физике.	2	0	0	2
10	Дидактическая систематизация методов обучения. Особенности проверки знаний и умений учащихся по физике в основной и полной средней школе.	0	2	0	2
11	Формы организации учебных занятий по физике.	2	0	0	2
12	Физическая картина мира как предмет изучения в школьном курсе физики. Принципы отбора содержания курса физики и его структурирование.	0	2	0	2
13	Нравственное воспитание и умственное развитие учащихся в процессе обучения физике.	2	0	0	2
14	Связь содержания курса физики с содержанием других учебных предметов. Обучение учащихся решению физических задач. Формирование у учащихся обобщенных умений.	0	2	0	2
15	Организация самостоятельной работы учащихся в процессе обучения физике	2	0	0	2
16	Современный урок физики. Структура урока физики как целостная система. Виды организованных форм обучения физике. Факультативы по физике. Фронтальные лаб. работы. Погрешности измерений, их оценка.	0	2	0	2
17	Методика формирования обобщенных учебных умений	2	0	0	2
18	Деятельностный подход в обучении физике. Школьный физический кабинет и его оборудование. Современные требования.	0	2	0	2
19	Консультация	0	0	0	0

20	Эксперимент в процессе преподавания физики.	2	0	0	2
21	Эксперимент в процессе преподавания физики.	0	2	0	2
22	Консультация	0	0	0	0
23	Связь курса физики с другими учебными предметами	2	0	0	2
24	Деятельностный подход в обучении физике. Школьный физический кабинет и его оборудование. Современные требования.	0	2	0	2
25	Консультация	0	0	0	0
26	Методика использования компьютеров в процессе изучения физики.	2	0	0	2
27	Методика использования компьютеров в процессе изучения физики.	0	2	0	2
28	Консультация	0	0	0	0
29	Политехническое обучение и профориентация учащихся в процессе обучения физике.	2	0	0	2
30	Политехническое обучение и профориентация учащихся в процессе обучения физике.	0	2	0	2
31	Консультация	0	0	0	0
32	Систематизация и обобщение знаний учащихся.	2	0	0	2
33	Систематизация и обобщение знаний учащихся.	0	2	0	2
34	Консультация	0	0	0	0
35	Психолого-дидактические основы формирования физических понятий.	2	0	0	2
36	Психолого-дидактические основы формирования физических понятий.	0	2	0	2
37	Консультация	0	0	0	0
38	Методика решения задач по физике.	2	0	0	2
39	Методика решения задач по физике.	0	2	0	2
40	Консультация	0	0	0	0
41	Зачет	0	0	0	0
	Итого (ак. часов)	32	32	0	64

#### 4. Система оценивания.

Обучающиеся, не набравшие 61 балла в течении семестра, или не согласные с оценкой, полученной по итогам текущего контроля в семестре, проходят промежуточную аттестацию в форме дифференцированного зачета.

При проведении промежуточной аттестации результаты, полученные обучающимся в семестре, переводятся в формат традиционной оценки в соответствии со шкалой перевода баллов:

- 60 баллов и менее – «неудовлетворительно»;
- от 61 до 75 баллов – «удовлетворительно»;
- от 76 до 90 баллов – «хорошо»;
- от 91 до 100 баллов – «отлично».

## **5. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины**

### **5.1 Литература:**

1. Абушкин, Х. Х. Методика проблемного обучения физике : учебное пособие для вузов / Х. Х. Абушкин. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2022. — 178 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-09588-3. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/492832> (дата обращения: 20.10.2022).
2. Ерофеева Г. В., Крючков Ю. Ю., Склярова Е. А., Чернов И. П. Практические занятия по общему курсу физики : учебник для вузов / Г. В. Ерофеева, Ю. Ю. Крючков, Е. А. Склярова, И. П. Чернов. — Москва : Издательство Юрайт, 2022. — 492 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-09399-5. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/490125> (дата обращения: 20.10.2022).
3. Сауров, Ю. А. Теория и методика обучения физике : учебное пособие для вузов / Ю. А. Сауров, М. П. Уварова. — 2-е изд., перераб. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2022. — 263 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-13888-7. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/496738> (дата обращения: 20.10.2022).
4. Трофимова, Т. И. Руководство к решению задач по физике : учебное пособие для вузов / Т. И. Трофимова. — 3-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2022. — 265 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-9916-3429-8. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/488639> (дата обращения: 20.10.2022).

### **5.2 Электронные образовательные ресурсы:**

1. Электронная библиотека Попечительского совета механико-математического факультета Московского государственного университета — Режим доступа: <http://lib.mexmat.ru>
2. ELIBRARY – Научная электронная библиотека (Москва) — Режим доступа <http://elibrary.ru/>

## **6. Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы:** Национальная электронная библиотека. URL: <https://rusneb.ru/>

## **7. Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение, в том числе отечественного производства**

MS Office, платформа для электронного обучения Microsoft Teams.

## **8. Технические средства и материально-техническое обеспечение дисциплины**

Мультимедийная учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа оснащена следующими техническими средствами обучения и оборудованием: учебная мебель, доска аудиторная, мультимедийное проекционное и акустическое оборудование, персональный компьютер.

Мультимедийная учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа оснащена следующими техническими средствами обучения и оборудованием: учебная мебель, доска аудиторная, мультимедийное проекционное и акустическое оборудование, персональный компьютер.

Аудитория для самостоятельной работы оснащена следующими техническими средствами обучения и оборудованием: учебная мебель, доска аудиторная, мультимедийное проекционное и акустическое оборудование, персональные компьютеры.

ФГАОУ ВО «Тюменский государственный университет»

УТВЕРЖДЕНО

Заместителем директора

Физико-технического института

Крековым С.А.

РАЗРАБОТЧИК

Дубов В.П.

ОПТИЧЕСКИЕ КВАНТОВЫЕ ГЕНЕРАТОРЫ

Рабочая программа

для обучающихся по направлению подготовки

03.03.02 Физика, для всех профилей направления подготовки

форма обучения очная

## 1. Планируемые результаты освоения дисциплины

1.1. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения данной дисциплины: ПК-1.

1.2. Индикаторы достижения компетенций, соотнесенные с планируемыми результатами обучения:

### Знания:

- базовые принципы теории взаимодействия излучения с веществом;
- основные физические принципы нелинейного взаимодействия излучения с веществом;
- основные типы лазеров и принципы их работы;
- способы накачки лазерных сред и принципы работы блоков питания современных квантовых генераторов;
- основные механизмы процессов, проходящих в квантовых системах, помещенных в резонатор;
- знать правила техники безопасности при работе с лазерным излучением.

### Умения:

- практически использовать квантовые оптические устройства;
- пользоваться профессиональной терминологией;
- работать на простейших лазерных установках;

### Навыки:

- практической работы с квантовыми генераторами различных типов;
- работы с высоковольтным оборудованием;
- работы с оптическими устройствами, спектральными приборами, измерительной техникой.

## 2. Структура и трудоемкость дисциплины

Таблица 1

Вид учебной работы		Всего (ак.ч.)	Кол-во часов в семестре (ак.ч.)
			2–8 семестр
<b>Общая трудоемкость</b>	зач. ед.	<b>4</b>	<b>4</b>
	ак.ч.	<b>144</b>	<b>144</b>
Из них:			
<b>Часы аудиторной работы (всего):</b>		<b>64</b>	<b>64</b>
Лекции		32	32
Практические занятия		0	0
Лабораторные / практические занятия по подгруппам		32	32
<b>Часы внеаудиторной работы, включая консультации, иную контактную работу и самостоятельную работу обучающегося</b>		<b>80</b>	<b>80</b>
Вид промежуточной аттестации (зачет, диф. зачет, экзамен)			Дифференцированный зачет

## 3. Содержание дисциплины

Таблица 2

№	Тематика учебных встреч	Виды аудиторной работы (в ак.час.)			Итого аудиторных ак. часов по теме
		Лекции	Практические занятия	Лабораторные / практические занятия по подгруппам	
1	2	3	4	5	6
1	Введение. История открытия	2	0	0	2
2	Энергетические уровни. Коэффициенты Эйнштейна	2	0	0	2
3	Двухуровневые системы в резонансном поле. Накачка	4	0	0	4
4	Взаимодействие излучения с веществом. Поглощение	4	0	0	4
5	Инверсия в активной среде, усиление	4	0	0	4
6	Резонаторы	4	0	0	4
7	Режимы работы лазеров. УКИ - лазеры	4	0	0	4
8	Свойства лазерного излучения	4	0	0	4
9	Наиболее распространенные лазеры	2	0	0	2
10	Применение лазеров	2	0	0	2
11	Лабораторная работа № 1. Рубиновый лазер	0	0	4	4
12	Лабораторная работа № 2. Ознакомление с работой гелий-неонового лазера	0	0	4	4
13	Лабораторная работа № 3. Лазер на углекислом газе	0	0	4	4
14	Лабораторная работа № 4. Неодимовый лазер	0	0	4	4
15	Лабораторная работа № 5. Оптический квантовый усилитель	0	0	4	4
16	Лабораторная работа № 6. Полупроводниковый лазер	0	0	4	4
17	Лабораторная работа № 7. Лазерные излучатели	0	0	4	4
18	Лабораторная работа № 8. Лазерное гетеродинирование	0	0	4	4
	Итого (ак. часов)	32	0	32	64

## 4. Система оценивания

В семестре предусмотрено несколько видов текущего контроля освоения дисциплины:

- письменные ответы на вопросы контрольной работы (2 контрольные работы, оцениваются в диапазоне 0 – 15 баллов каждая);

- защита лабораторной работы (0 – 10 баллов за лабораторную работу, 6 лабораторных работ в течение семестра);
- доклад с презентацией по теме (0 – 10 баллов).

Особенность выполнения студентами лабораторных работ заключается в предварительной самостоятельной теоретической подготовке по теме исследования. При подготовке от студентов потребуются умения и навыки работы с литературой и другими источниками информации. Студентам рекомендуется следующая схема подготовки к лабораторным занятиям:

- проработка конспекта лекций данной дисциплины по тематике лабораторной работы;
- чтение рекомендованной основной и дополнительной литературы по тематике лабораторной работы;
- заполнение лабораторного журнала и подготовка к допуску для выполнения работы;
- подготовка отчета по лабораторной работе.

Обязательным условием освоения дисциплины является выполнение и защита 6 лабораторных работ.

Обучающиеся, не набравшие 61 балла в течение семестра или не согласные с оценкой, полученной по итогам текущего контроля в семестре, проходят промежуточную аттестацию в форме дифференцированного зачета.

При проведении промежуточной аттестации результаты, полученные обучающимся в семестре, переводятся в формат традиционной оценки в соответствии со шкалой перевода баллов:

- 60 баллов и менее – «неудовлетворительно»;
- от 61 до 75 баллов – «удовлетворительно»;
- от 76 до 90 баллов – «хорошо»;
- от 91 до 100 баллов – «отлично».

## 5. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

### 5.1 Литература:

1. Киселев, Г. Л. Квантовая и оптическая электроника: учебное пособие. — 4-е изд., стер. — Санкт-Петербург: Лань, 2020. — 316 с. — ISBN 978-5-8114-4986-6. — Текст: электронный. — URL: <https://e.lanbook.com/book/130188> (дата обращения: 05.04.2022). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
2. Якушенков, Ю. Г. Теория и расчет оптико-электронных приборов: учебник. — 6-е изд., перераб. и доп. — Москва: Логос, 2020. — 568 с. — ISBN 978-5-98704-533-6. — Текст: электронный. — URL: <https://znanium.com/catalog/product/1213765> (дата обращения: 05.04.2022). — Режим доступа: по подписке.
3. Шандаров, С. М. Введение в квантовую и оптическую электронику: учебное пособие / С. М. Шандаров, А. И. Башкирова. — Томск: Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 2012. — 98 с. — Текст: электронный. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/13922.html> (дата обращения: 05.04.2022). — Режим доступа: для авторизир. пользователей.
4. Шангина, Л. И. Квантовая и оптическая электроника: учебное пособие. — Томск: Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 2012. — 301 с. — Текст: электронный. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/13939.html> (дата обращения: 05.04.2022). — Режим доступа: для авторизир. пользователей.
5. Богданов, А. В. Волоконные технологические лазеры и их применение: учебное пособие / А. В. Богданов, Ю. В. Голубенко. — 2-е изд., испр. и доп. — Санкт-Петербург: Лань, 2018. — 236 с. — ISBN 978-5-8114-2027-8. — Текст: электронный. — URL: <https://e.lanbook.com/book/101825> (дата обращения: 05.04.2022). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

## 5.2 Электронные образовательные ресурсы:

Учебники по теме «Оптика» в открытом доступе, сайт EqWorld, ИПМ им. М. В. Келдыша РАН.  
— <https://eqworld.ipmnet.ru/library/physics/optics.htm>

## 6. Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы:

База данных IPR Books — <https://www.iprbookshop.ru/>  
ЭБС «ЗНАНИУМ». — <https://lib.utmn.ru/tpost/mlxo8l6vg1-znaniumcom>  
ЭБС Лань. — <https://e.lanbook.com/>

## 7. Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение, в том числе отечественного производства

MS Office, платформа для электронного обучения Microsoft Teams.

## 8. Технические средства и материально-техническое обеспечение дисциплины

Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа оснащена следующими техническими средствами обучения и оборудованием: учебная мебель, доска аудиторная.

Учебная аудитория для проведения занятий лабораторного типа оснащена следующими техническими средствами обучения и оборудованием: учебная мебель, доска аудиторная и специализированное оборудование.

Список специализированного оборудования:

- лабораторная установка № 1 (тема лабораторной работы: «Основы техники безопасности при работе с лазерами. Рубиновый лазер»): квантовый генератор на рубине, блок питания с накопителем, система охлаждения, измеритель калориметрический твердотельный ИКТ-1Н, фотоэлектронный умножитель ФЭУ-79, источник питания БЛ БНВ3-05, осциллограф универсальный запоминающий С8-13, гелий-неоновый лазер ЛГН-207, лазерные зеркала, светофильтры, экран, рейтеры, оптический рельс;
- лабораторная установка № 2 (тема лабораторной работы: «Гелий-неоновый лазер»): гелий-неоновый лазер ЛГН-207, гелий-неоновый лазер ЛГ-75, интерферометр ИТ 28-30, зрительная трубка МИР-2У4.2, линзы, светофильтры, рейтеры, оптический рельс;
- лабораторная установка № 3 (тема лабораторной работы: «Молекулярный лазер на СО<sub>2</sub>»): СО<sub>2</sub> лазер, источник питания, обтюратор, измеритель средней мощности и энергии лазерного излучения ИМО-2Н, набор мишеней;
- лабораторная установка № 4 (тема лабораторной работы: «Неодимовый лазер»): неодимовый лазер Миди-ЛИНКС 2.40, система жидкостного охлаждения, монохроматор МДР-23, фотоэлектронный умножитель ФЭУ-62, источник питания БЛ БНВ3-05, осциллограф С1-83, осциллограф универсальный запоминающий С8-13, светофильтры, образцы для наблюдения флуоресценции;
- лабораторная установка № 5 (тема лабораторной работы: «Оптический квантовый усилитель»): гелий-неоновый лазер ЛГН-118-2В, гелий-неоновый лазер ЛГН-111, фотоприемник ФД-7К, мультиметр Щ4313.1, набор светофильтров, оптическая скамья;
- лабораторная установка № 6 (тема лабораторной работы: «Основные типы квантовых генераторов»): модули и компоненты излучателей различных лазерных систем, блок поджига, блок накачки импульсных ламп;
- лабораторная установка № 7 (тема лабораторной работы: «Полупроводниковый лазер»): полупроводниковый лазер (650 нм), красный светодиод, гелий-неоновый лазер, монохроматор МУМ, набор оптических щелей, светофильтры, призмы, фотоприемник с блоком усилителя, мультиметр, источники питания устройств;
- лабораторная установка № 8 (тема лабораторной работы: «Лазерное гетеродинамирование»): гелий-неоновый лазер ЛГН-208, гелий-неоновый лазер ГН-25, гелий-



неоновый лазер ЛГ-72, фотоэлектронный умножитель ФЭУ-79, источник питания БЛ БНВЗ-05, селективный микровольтметр SMV 8.5, обтюратор, набор светофильтров, оптический рельс.

Аудитория для самостоятельной работы оснащена следующими техническими средствами обучения и оборудованием: учебная мебель, доска аудиторная, мультимедийное проекционное и акустическое оборудование, персональные компьютеры.

ФГАОУ ВО «Тюменский государственный университет»

УТВЕРЖДЕНО

Заместителем директора

Физико-технического института

Крековым С.А.

РАЗРАБОТЧИК

Якименко В.И.

АСТРОФИЗИКА

Рабочая программа

для обучающихся по направлению подготовки

03.03.02 Физика, для всех профилей направления подготовки

форма обучения очная

## 1. Планируемые результаты освоения дисциплины

1.1. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения данной дисциплины: УК-1.

1.2. Индикаторы достижения компетенций, соотнесенные с планируемыми результатами обучения:

**Знания:**

- основные законы, теоремы и понятия астрономии и астрофизики;
- практические приложения астрономических наблюдений, вычислений;
- строения небесных тел и их систем.

**Умения:**

- решать задачи прикладного и теоретического характера;
- пользоваться астрономическими таблицами, методичками, каталогами;
- организовывать наблюдения за Луной, Солнцем, планетами;
- объяснять стандартные явления на небе.

**Навыки:**

- владение математическим аппаратом в решении астрономических задач;
- навыки устойчивого научного убеждения в объяснении тех или иных проблем современной астрофизики.

## 2. Структура и трудоемкость дисциплины

Таблица 1

Вид учебной работы		Всего (ак.ч.)	Кол-во часов в семестре (ак.ч.)
			2–8 семестр
<b>Общая трудоемкость</b>	зач. ед.	<b>4</b>	<b>4</b>
	ак.ч.	<b>144</b>	<b>144</b>
Из них:			
<b>Часы аудиторной работы (всего):</b>		<b>64</b>	<b>64</b>
Лекции		32	32
Практические занятия		32	32
Лабораторные / практические занятия по подгруппам		0	0
<b>Часы внеаудиторной работы, включая консультации, иную контактную работу и самостоятельную работу обучающегося</b>		<b>80</b>	<b>80</b>
Вид промежуточной аттестации (зачет, диф. зачет, экзамен)			Дифференцированный зачет

## 3. Содержание дисциплины

Таблица 2

№	Тематика учебных встреч	Виды аудиторной работы (в ак. час.)			Итого аудиторных ак. часов по теме
		Лекции	Практические занятия	Лабораторные / практические занятия по подгруппам	
1	2	3	4	5	6
1	Введение в курс общей астрофизики.	2	0	0	2
2	Глаз человека – совершенная оптическая система. Сферическая система координат.	2	2	0	4
3	Измерение времени. Планетарный и астрофизический аспект.	2	2	0	4
4	Астрономические редукции. Абберация света.	2	2	0	4
5	Строение Солнечной системы. Внутренние и внешние планеты. Планеты группы Земли и Юпитера. Астрофизические аспекты.	2	4	0	6
6	Солнце.	2	2	0	4
7	Термоядерный синтез. Протон-протонные циклы с вариациями, углеродный цикл.	2	4	0	6
8	Проблемы солнечных нейтрино. Эксперименты по их обнаружению.	2	4	0	6
9	Активные образования на Солнце и солнечно-земные связи.	2	0	0	2
10	Звёзды. Звёздные величины от Гиппарха до показателя цвета. Современная Гарвардская спектральная классификация.	2	2	0	4
11	V главная последовательность. Белые карлики, нейтронные звезды, сверхновые звезды, квазары и черные дыры. Эволюционные треки звезд.	2	0	0	2
12	Галактика и галактики. Строение Галактики. Плоская составляющая Галактики и звезды G2V.	2	0	0	2
13	Эволюционные треки звезд.	0	2	0	2
14	Квазары. Чёрные дыры в галактиках и других образованиях. Сверхновые I типа.	2	2	0	4
15	Экзопланеты. Методы их обнаружения. Условия возникновения жизни во Вселенной. Местное скопление галактик.	2	2	0	4

16	Сверхскопление галактик. Крупномасштабная структура. Филаменты. Войды. Стена.	2	0	0	2
17	Местное скопление галактик.	0	2	0	2
18	Вселенная. Эффекты ОТО и СТО во Вселенной. Темная масса и темная энергия.	2	2	0	4
	Итого (ак.часов)	32	32	0	64

#### 4. Система оценивания

Обучающиеся, не набравшие 61 балла в течение семестра или не согласные с оценкой, полученной по итогам текущего контроля в семестре, проходят промежуточную аттестацию в форме дифференцированного зачета.

При проведении промежуточной аттестации результаты, полученные обучающимся в семестре, переводятся в формат традиционной оценки в соответствии со шкалой перевода баллов:

- 60 баллов и менее – «неудовлетворительно»;
- от 61 до 75 баллов – «удовлетворительно»;
- от 76 до 90 баллов – «хорошо»;
- от 91 до 100 баллов – «отлично».

#### 5. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

##### 5.1 Литература:

1. Мурзин, В. С. Астрофизика космических лучей: учебное пособие для вузов. — Москва: Логос, Университетская книга, 2011. — 488 с. — ISBN 978-5-98704-171-6. — Текст: электронный. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/70686.html> (дата обращения: 22.03.2022). — Режим доступа: для авторизир. пользователей.
2. Зельдович, Я. Б. Магнитные поля в астрофизике / Я. Б. Зельдович, А. А. Рузмайкин, Д. Д. Соколов; перевод Е. В. Иванова; под редакцией Д. Д. Соколова. — Москва, Ижевск: Регулярная и хаотическая динамика, Институт компьютерных исследований, 2019. — 384 с. — ISBN 978-5-4344-0769-4. — Текст: электронный. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/91955.html> (дата обращения: 22.03.2022). — Режим доступа: для авторизир. пользователей.
3. Астрономия: учебное пособие / В. И. Шупляк, М. Б. Шундалов, А. П. Клищенко, В. В. Малышиц. — Минск: Вышэйшая школа, 2016. — 312 с. — ISBN 978-985-06-2759-9. — Текст: электронный. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/90732.html> (дата обращения: 22.03.2022). — Режим доступа: для авторизир. пользователей.

##### 5.2 Электронные образовательные ресурсы:

Газета «Троицкий вариант – наука». — <http://trv-science.ru/>

#### 6. Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы:

База данных IPR Books. — <https://www.iprbookshop.ru/>

#### 7. Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение, в том числе отечественного производства

MS Office, платформа для электронного обучения Microsoft Teams.

**8. Технические средства и материально-техническое обеспечение дисциплины**

Учебная аудитория для проведения занятий лекционного и семинарского типов оснащена следующими техническими средствами обучения и оборудованием: учебная мебель, доска аудиторная.

Аудитория для самостоятельной работы оснащена следующими техническими средствами обучения и оборудованием: учебная мебель, доска аудиторная, мультимедийное проекционное и акустическое оборудование, персональные компьютеры.

ФГАОУ ВО «Тюменский государственный университет»

УТВЕРЖДЕНО

Заместителем директора

Физико-технического института

Крековым С.А.

РАЗРАБОТЧИКИ

Гильманов А.Я., Шевелев А.П.

ПРАКТИЧЕСКИЙ КУРС ГИДРОДИНАМИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ИССЛЕДОВАНИЯ  
СКВАЖИНЫ

Рабочая программа

для обучающихся по направлению 03.03.02 Физика

профиль: Физика нефтяного и газового пласта

форма обучения очная

## 1. Планируемые результаты освоения дисциплины

1.1. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения данной дисциплины: ПК-2.

1.2. Индикаторы достижения компетенций, соотнесенные с планируемыми результатами обучения:

В результате изучения курса студент должен получить:

**Знания:**

- основных положений и методов интерпретации данных гидродинамического исследования скважин
- базовых понятий, связанных с проведением исследований и анализом данных гидродинамического исследования скважин
- основных принципов, используемых при интерпретации данных гидродинамического исследования скважин
- основных технологий добычи нефти и газа

**Умения:**

- интерпретировать данные гидродинамического исследования скважин с использованием программного обеспечения.
- применять основные понятия и законы, описывающие фильтрацию одного или нескольких флюидов в пористой среде

**Навыки:**

- применения методики определения характеристик пласта, скважины и призабойной зоны с помощью специализированных графиков
- построения кривых падения и восстановления давления

## 2. Структура и трудоемкость дисциплины

Таблица 1

Вид учебной работы		Всего часов	Кол-во часов в семестре (ак.ч.)
			6-8*
<b>Общая трудоемкость</b>	<b>зач. ед.</b>	4	4
	<b>час</b>	144	144
Из них:			
<b>Часы аудиторной работы (всего):</b>		64	64
Лекции		32	32
Практические занятия		32	32
Лабораторные / практические занятия по подгруппам		0	0
<b>Часы внеаудиторной работы, включая консультации, иную контактную работу и самостоятельную работу обучающегося</b>		80	80
Вид промежуточной аттестации (зачет, диф. зачет, экзамен)			Дифференцированный зачет

\*в зависимости от выбора обучающимся реализуемой дисциплины



### 3. Содержание дисциплины

Таблица 2

№	Тематика учебных встреч	Виды аудиторной работы (в ак.час.)			Итого аудиторных ак.часов по теме
		Лекции	Практические занятия	Лабораторные / практические занятия по подгруппам	
1	2	3	4	5	6
	Часов в 6-8* семестре	32	32	0	64
	Практический курс гидродинамических методов исследования скважины	32	32	0	64
1	Основные принципы гидродинамических исследований скважин	2	0	0	2
2	Основные принципы гидродинамических исследований скважин	0	2	0	2
3	Скин-эффект	2	0	0	2
4	Скин-эффект	0	2	0	2
5	Эффект влияния объёма ствола скважины на перераспределение забойного давления	2	0	0	2
6	Эффект влияния объёма ствола скважины на перераспределение забойного давления	0	2	0	2
7	Консультация	0	0	0	0
8	Начальный и конечный периоды влияния объёма ствола скважины	2	0	0	2
9	Начальный и конечный периоды влияния объёма ствола скважины	0	2	0	2
10	Метод типовых кривых	2	0	0	2
11	Решение уравнения пьезопроводности в безразмерных переменных	0	2	0	2
12	Консультация	0	0	0	0
13	Анализ кривых падения и восстановления давления с помощью типовых кривых	2	0	0	2
14	Анализ кривых падения и восстановления давления с помощью типовых кривых	0	2	0	2
15	Традиционные методы интерпретации гидродинамических исследований	2	0	0	2

	скважин для бесконечно действующего пласта				
16	Метод Хорнера	0	2	0	2
17	Консультация	0	0	0	0
18	MDH метод	2	0	0	2
19	MDH метод	0	2	0	2
20	Границы пласта	2	0	0	2
21	Определение границ пласта	0	2	0	2
22	Консультация	0	0	0	0
23	Сложные коллектора	2	0	0	2
24	Сложные коллектора	0	2	0	2
25	Влияние скважины на интерпретацию гидродинамических исследований скважин	2	0	0	2
26	Влияние скважин	0	2	0	2
27	Исследование газовых скважин	2	0	0	2
28	Консультация	0	0	0	0
29	Исследование газовых скважин	0	2	0	2
30	Модифицированный изохорный метод исследования газовых скважин	2	0	0	2
31	Изохорные методы исследования газовых скважин	0	2	0	2
32	Консультация	0	0	0	0
33	Кривые восстановления уровня	2	0	0	2
34	Кривые восстановления уровня	0	2	0	2
35	Метод типовых кривых для КВУ	2	0	0	2
36	Метод типовых кривых для КВУ	0	2	0	2
37	Консультация	0	0	0	0
38	Гидропрослушивание	2	0	0	2
39	Практическая работа по гидродинамическим исследованиям скважин	0	2	0	2
40	Консультация	0	0	0	0
41	Дифференцированный зачёт	0	0	0	0
	Итого (ак. часов)	32	32	0	64

\*в зависимости от выбора обучающимся реализуемой дисциплины

### **Тема 1. Основные принципы гидродинамических исследований скважин.**

Основные принципы гидродинамических исследований скважин. Типы гидродинамических исследований скважин. Закон Дарси. Сжимаемость. Уравнение пьезопроводности. Радиус исследования. Режимы течения. Режимы притока. Принцип суперпозиций. Определение скин-эффекта. Скин-эффект от скважины, частично вскрывающей пласт. Скин-эффект наклонной скважины. Обобщенная концепция скин-эффекта.

### **Тема 2. Влияние объёма ствола скважины.**

Эффект влияния объёма ствола скважины на перераспределение забойного давления. Определение эффекта влияния объёма ствола скважины. Коэффициент влияния объёма ствола скважины в фонтанирующих скважинах. Коэффициент влияния объёма ствола скважины в скважинах, оборудованных насосом. Приток из пласта в период влияния объёма ствола скважины. Давление в начальный период влияния объёма ствола скважины. Конец эффекта влияния объёма ствола скважины.

### **Тема 3. Метод типовых кривых. Интерпретация гидродинамических исследований.**

Метод типовых кривых. Определение типовых кривых. Безразмерные переменные. Решение уравнения пьезопроводности в безразмерных переменных. Типовые кривые Gringarten. Анализ данных кривых падения давления с помощью типовых кривых. Анализ данных кривых восстановления давления с помощью типовых кривых. Преимущества и ограничения метода типовых кривых. Определение производной давления. Свойства производной. Вычисление производной. Анализ данных с использованием производной. Анализ с помощью типовых кривых. Прямой анализ с использованием производной. Традиционные методы интерпретации гидродинамических исследований скважин для бесконечно действующего пласта. Анализ данных падения давления на неустановившихся режимах фильтрации. Анализ данных восстановления давления на неустановившихся режимах фильтрации. Метод Хорнера. MDH метод. Гидродинамические исследования скважин при изменении дебита. Учет переменных дебитов скважин по истории разработки месторождения.

### **Тема 4. Сложные коллектора.**

Границы пласта. Сложные коллектора. Определение и виды границ. Единичный непроницаемый разлом. Канал. Ограниченный канал. Две пересекающиеся линейные границы. Граница постоянного давления. Замкнутый пласт. Трещиноватый коллектор. Коллектора с двойной проницаемостью. Многопластовые системы.

### **Тема 5. Влияние скважин. Кривые восстановления уровня.**

Влияние скважины на интерпретацию гидродинамических исследований скважин. Скважина, вскрывающая пласт с гидравлическим разрывом. Влияние горизонтальной скважины. Влияние наклонно-направленной скважины. Исследование газовых скважин. Отклонения от закона Дарси. Интерпретация данных гидродинамического исследования газовых скважин. Гидродинамические исследования газовых скважин методом противодавления. Изохорный метод исследования газовых скважин. Модифицированный изохорный метод исследования газовых скважин. Определение максимального теоретического дебита: эмпирический метод. Гидродинамические исследования на нескольких скважинах. Исследования кривых восстановления уровня (КВУ). Определение КВУ. Метод типовых кривых для КВУ. Традиционный метод для КВУ. Гидропрослушивание. Интерпретация данных гидропрослушивания. Влияние истории работы скважины при гидропрослушивании. Эффект влияния объема ствола скважины и скин-фактор при гидропрослушивании. Импульсные методы гидродинамического исследования скважин. Интерпретация данных импульсных методов гидродинамического исследования скважин.

## **4. Система оценивания.**

Обучающиеся, не набравшие 61 балла в течение семестра, или не согласные с оценкой, полученной по итогам текущего контроля в семестре, проходят промежуточную аттестацию в форме дифференцированного зачёта.

При проведении промежуточной аттестации результаты, полученные обучающимся в семестре, переводятся в формат традиционной оценки в соответствии со шкалой перевода баллов:

- от 61 до 75 баллов – «удовлетворительно»;
- от 76 до 90 баллов – «хорошо»;
- от 91 до 100 баллов – «отлично».

Билет для зачёта по дисциплине состоит из 3 вопросов. При подробном ответе на 3 вопроса ставится оценка "отлично", при подробном ответе на 2 вопроса и неполном ответе на 3 вопроса ставится оценка "хорошо", при ответе только на 2 вопроса - "удовлетворительно", в случае невыполнения указанных требований - "не зачтено". Преподаватель вправе задать дополнительные вопросы по изученному материалу студенту в ходе беседы на зачёте, если ответ студента не является полным, в ходе такой беседы в случае полноты ответов ставится

оценка «отлично», в случае наличия 1-2 ошибок в ходе ответов – «хорошо», в случае ответов более чем на 50% вопросов – «удовлетворительно», в противном случае – «не зачтено», причём преподаватель имеет право задать дополнительные вопросы по тем темам, занятия по которым пропустил студент.

## **5. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины**

### **5.1 Литература:**

1. Мартюшев, Д. А. Современные методы гидродинамических исследований скважин и пластов : учебное пособие / Д. А. Мартюшев, И. Н. Пономарева. — Пермь : ПНИПУ, 2019. — 160 с.
2. Ольховская, В. А. Подземная гидромеханика углеводородов : учебное пособие / В. А. Ольховская. — Самара : АСИ СамГТУ, [б. г.]. — Часть 2 : Математические 1D-модели многофазной фильтрации и процессов повышения нефтеотдачи — 2018. — 228 с.
3. Ладенко, А. А. Геофизические исследования скважин на нефтегазовых месторождениях : учебное пособие / А. А. Ладенко, О. В. Савенок. - Москва ; Вологда : Инфра-Инженерия, 2021. - 260 с.

### **5.2 Электронные образовательные ресурсы:**

Не используются.

## **6. Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы:**

Springer / ФГБУ «Государственная публичная научно-техническая библиотека России». URL: <https://rd.springer.com/>

Электронно-библиотечная система «ЗНАНИУМ» / ООО «ЗНАНИУМ». URL: <https://lib.utmn.ru/tpost/mlxo8l6vg1-znaniumcom>

Электронно-библиотечная система Лань / ООО ЭБС «ЛАНЬ». URL: <https://e.lanbook.com/>

## **7. Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение, в том числе отечественного производства**

MS Office, платформа для электронного обучения Microsoft Teams.

## **8. Технические средства и материально-техническое обеспечение дисциплины**

Мультимедийная учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа оснащена следующими техническими средствами обучения и оборудованием: учебная мебель, доска аудиторная, мультимедийное проекционное и акустическое оборудование, персональный компьютер.

Мультимедийная учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа оснащена следующими техническими средствами обучения и оборудованием: учебная мебель, доска аудиторная, мультимедийное проекционное и акустическое оборудование, персональные компьютеры.

Аудитория для самостоятельной работы оснащена следующими техническими средствами обучения и оборудованием: учебная мебель, доска аудиторная, мультимедийное проекционное и акустическое оборудование, персональные компьютеры.

ФГАОУ ВО «Тюменский государственный университет»

УТВЕРЖДЕНО

Заместителем директора

Физико-технического института

Крековым С.А.

РАЗРАБОТЧИКИ

Гильманов А.Я., Шевелев А.П.

ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ СКВАЖИН

Рабочая программа

для обучающихся по направлениям подготовки

03.03.02 Физика, для всех профилей направления подготовки;

16.03.01 Техническая физика, для всех профилей направления подготовки;  
форма обучения очная

## 1. Планируемые результаты освоения дисциплины

### 1.1. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения данной дисциплины:

По направлению подготовки 03.03.02 Физика: ПК-2;

По направлению подготовки 16.03.01 Техническая физика: ПК-2.

### 1.2. Индикаторы достижения компетенций, соотнесенные с планируемыми результатами обучения:

В результате изучения курса студент должен получить:

#### Знания:

- типов геофизических исследований скважин (ГИС)
- физических принципов ГИС
- области применения ГИС

#### Умения:

- интерпретировать данные ГИС
- решать обратные задачи ГИС
- применять комплекс методов ГИС для корректной интерпретации результатов

#### Навыки:

- работы с различными типами каротажей
- интерпретации данных ГИС на практике

## 2. Структура и трудоемкость дисциплины

Таблица 1

Вид учебной работы		Всего часов	Кол-во часов в семестре (ак.ч.)
			6-8*
<b>Общая трудоемкость</b>	<b>зач. ед.</b>	4	4
	<b>час</b>	144	144
Из них:			
<b>Часы аудиторной работы (всего):</b>		64	64
Лекции		32	32
Практические занятия		32	32
Лабораторные / практические занятия по подгруппам		0	0
<b>Часы внеаудиторной работы, включая консультации, иную контактную работу и самостоятельную работу обучающегося</b>		80	80
Вид промежуточной аттестации (зачет, диф. зачет, экзамен)			Дифференцированный зачет

\*в зависимости от выбора обучающимся реализуемой дисциплины

### 3. Содержание дисциплины

Таблица 2

№	Тематика учебных встреч	Виды аудиторной работы (в ак.час.)			Итого аудиторных ак.часов по теме
		Лекции	Практические занятия	Лабораторные / практические занятия по подгруппам	
1	2	3	4	5	6
	Часов в 6-8* семестре	32	32	0	64
	Геофизические исследования скважин	32	32	0	64
1	Методология геофизических методов исследования	2	0	0	2
2	4 типа фундаментальных взаимодействий	0	2	0	2
3	Коэффициент Пуассона и модуль Юнга	2	0	0	2
4	Коэффициент Пуассона и модуль Юнга	0	2	0	2
5	Метод удельного электрического сопротивления	2	0	0	2
6	Потенциал-зонд и градиент-зонд	0	2	0	2
7	Консультация	0	0	0	0
8	Метод кажущегося сопротивления	2	0	0	2
9	Метод кажущегося сопротивления	0	2	0	2
10	Боковое электрическое зондирование	2	0	0	2
11	Боковое электрическое зондирование	0	2	0	2
12	Консультация	0	0	0	0
13	Индукционные методы геофизических исследований скважин	2	0	0	2
14	Кривые ИК и их интерпретация	0	2	0	2
15	Низкочастотные и высокочастотные методы ИК	2	0	0	2
16	Интерпретация каротажных кривых высокочастотных методов ИК	0	2	0	2
17	Консультация	0	0	0	0
18	Радиоактивные методы ГИС	2	0	0	2
19	Радиоактивные методы ГИС	0	2	0	2
20	Гамма-метод и нейтронные методы	2	0	0	2
21	Нейтронные методы	0	2	0	2
22	Консультация	0	0	0	0
23	Акустические методы исследования	2	0	0	2
24	Акустические методы исследования	0	2	0	2

25	Упругие волны в нефтенасыщенных пористых средах	2	0	0	2
26	Упругие волны в нефтенасыщенных пористых средах	0	2	0	2
27	Консультация	0	0	0	0
28	Сейсмические методы исследования	2	0	0	2
29	Метод отражённых волн	0	2	0	2
30	Метод преломлённых волн	2	0	0	2
31	Метод преломлённых волн	0	2	0	2
32	Консультация	0	0	0	0
33	Закон Фурье	2	0	0	2
34	Закон Фурье	0	2	0	2
35	Основные термические свойства	2	0	0	2
36	Термические методы ГИС	0	2	0	2
37	Консультация	0	0	0	0
38	Термические методы ГИС	2	0	0	2
39	Практическая работа по интерпретации одного из методов ГИС	0	2	0	2
40	Консультация	0	0	0	0
41	Дифференцированный зачёт	0	0	0	0
	Итого (ак. часов)	32	32	0	64

\*в зависимости от выбора обучающимся реализуемой дисциплины

### **Тема 1. Методология геофизических методов исследования.**

Методология геофизических методов исследования (ГИС). 4 типа фундаментальных взаимодействий. Электромагнитное взаимодействие. Проводимость. Удельное электрическое сопротивление. Закон электромагнитной индукции. Коэффициент Пуассона и модуль Юнга. Продольные и поперечные волны.

### **Тема 2. Электрические и индукционные методы ГИС.**

Метод удельного электрического сопротивления. Метод потенциалов. Потенциал и градиент-зонды. Метод кажущегося сопротивления. Метод обычных зондов. Интерпретация диаграмм кажущегося сопротивления. Боковое электрическое зондирование. Методы специальных зондов. Индукционные методы геофизических исследований скважин (ГИС). Индукционный каротаж (ИК). Принципиальная схема прибора. Индукционный каротаж. Кривые ИК и их интерпретация. Низкочастотные и высокочастотные методы ИК. Интерпретация каротажных кривых высокочастотных методов ИК.

### **Тема 3. Радиоактивные методы ГИС.**

Радиоактивные методы геофизических исследований скважин (ГИС). Радиоактивность. Взаимодействие радиоактивного излучения с веществом. Эффект Комптона. Области применения радиоактивных методов геофизических исследований скважин (ГИС). Радиоактивность. Взаимодействие радиоактивного излучения с веществом. Эффект Комптона. Гамма-метод и нейтронные методы. Гамма-каротаж (ГК). Гамма-каротаж спектрометрический (СГК). Плотностной гамма-гамма метод. Нейтронные методы. Импульсные нейтронные методы. Импульсный нейтрон-нейтронный метод по тепловым нейтронам.

### **Тема 4. Акустические и сейсмические методы исследования.**

Акустические методы исследования. Уравнения акустики. Упругие волны в однофазных горных породах. Упругие волны в нефтенасыщенных пористых средах. Поверхностные волны. Волны Лэмба. Акустический метод на головных волнах. Акустический каротаж на отраженных волнах. Сейсмические методы исследования. Метод отражённых волн. Метод преломлённых волн.

### **Тема 5. Термические методы ГИС.**



Тепломассоперенос. Закон теплопроводности Фурье. Основные термические свойства пористой среды. Связь параметров теплового поля с характеристиками среды. Искусственные и естественные тепловые поля. Термические методы ГИС. Основные термические свойства. Интерпретация термических методов ГИС.

#### **4. Система оценивания.**

Обучающиеся, не набравшие 61 балла в течение семестра, или не согласные с оценкой, полученной по итогам текущего контроля в семестре, проходят промежуточную аттестацию в форме дифференцированного зачёта.

При проведении промежуточной аттестации результаты, полученные обучающимся в семестре, переводятся в формат традиционной оценки в соответствии со шкалой перевода баллов:

- от 61 до 75 баллов – «удовлетворительно»;
- от 76 до 90 баллов – «хорошо»;
- от 91 до 100 баллов – «отлично».

Студентам, набравшим 50 баллов и более в ходе семестра, в случае выхода на зачёт задача засчитывается автоматически. Зачёт по дисциплине состоит из 2 вопросов и задачи. При подробном ответе на 2 вопроса и решённой задаче ставится оценка "отлично", при подробном ответе на вопрос, решённой задаче и неполном ответе на 2 вопроса ставится оценка "хорошо", при ответе только на 1 вопрос и решённой задаче - "удовлетворительно", в случае невыполнения указанных требований - "не зачтено". Преподаватель вправе задать дополнительные вопросы по изученному материалу студенту в ходе беседы на зачёте, если ответ студента не является полным, в ходе такой беседы в случае полноты ответов ставится оценка «отлично», в случае наличия 1-2 ошибок в ходе ответов – «хорошо», в случае ответов более чем на 50% вопросов – «удовлетворительно», в противном случае – «не зачтено», причём преподаватель имеет право задать дополнительные вопросы по тем темам, занятия по которым пропустил студент.

#### **5. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины**

##### **5.1 Литература:**

1. Ладенко, А. А. Геофизические исследования скважин на нефтегазовых месторождениях : учебное пособие / А. А. Ладенко, О. В. Савенок. - Москва ; Вологда : Инфра-Инженерия, 2021. - 260 с.
2. Захаров, В. С. Физика Земли : учебник / В.С. Захаров, В.Б. Смирнов. — Москва : ИНФРА-М, 2021. — 328 с. — (Высшее образование: Бакалавриат). — DOI 10.12737/18637.
3. Квеско, Б. Б. Основы геофизических методов исследования нефтяных и газовых скважин : учебное пособие / Б. Б. Квеско, Н. Г. Квеско, В. П. Меркулов. - 2-е изд., доп. - Москва ; Вологда : Инфра-Инженерия, 2020. - 228 с.

##### **5.2 Электронные образовательные ресурсы:**

Не используются.

#### **6. Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы:**

Springer / ФГБУ «Государственная публичная научно-техническая библиотека России».

URL: <https://rd.springer.com/>

Электронно-библиотечная система «ЗНАНИУМ» / ООО «ЗНАНИУМ». URL: <https://lib.utmn.ru/tpost/mlxo8l6vg1-znaniumcom>

Электронно-библиотечная система Лань / ООО ЭБС «ЛАНЬ». URL: <https://e.lanbook.com/>

#### **7. Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение, в том числе отечественного производства**

MS Office, платформа для электронного обучения Microsoft Teams.

#### **8. Технические средства и материально-техническое обеспечение дисциплины**

Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа оснащена следующими техническими средствами обучения и оборудованием: учебная мебель, доска аудиторная.

Мультимедийная учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа оснащена следующими техническими средствами обучения и оборудованием: учебная мебель, доска аудиторная, мультимедийное проекционное и акустическое оборудование, персональный компьютер.

Аудитория для самостоятельной работы оснащена следующими техническими средствами обучения и оборудованием: учебная мебель, доска аудиторная, мультимедийное проекционное и акустическое оборудование, персональные компьютеры.

ФГАОУ ВО «Тюменский государственный университет»

УТВЕРЖДЕНО

Заместителем директора

Физико-технического института

Крековым С.А.

РАЗРАБОТЧИКИ

Гильманов А.Я., Шевелев А.П.

ПОДЗЕМНАЯ ГИДРОМЕХАНИКА

Рабочая программа

для обучающихся по направлению подготовки 03.03.02 Физика

профиль подготовки «Физика нефтяного и газового пласта»

форма обучения очная

## 1. Планируемые результаты освоения дисциплины

### 1.1. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения данной дисциплины: ПК-2

### 1.2. Индикаторы достижения компетенций, соотнесенные с планируемыми результатами обучения:

В результате изучения курса студент должен получить

#### **Знания:**

- основ механики многофазных систем в пористой среде
- задач однофазной и двухфазной фильтрации
- основных характеристики пористой среды

#### **Умения:**

- решать задачи подземной гидромеханики
- интерпретировать фильтрационно-емкостные свойства пласта
- использовать методы теории функций комплексного переменного, автомодельной переменной, характеристик для решения задач фильтрации

#### **Навыки:**

- решения задачи Баклея-Левретта
- определения фильтрационно-емкостных свойств пласта

## 2. Структура и трудоемкость дисциплины

Таблица 1

Вид учебной работы		Всего часов	Кол-во часов в семестре (ак.ч.)
			6-8*
<b>Общая трудоемкость</b>	зач. ед.	4	4
	час	144	144
Из них:			
<b>Часы аудиторной работы (всего):</b>		64	64
Лекции		32	32
Практические занятия		32	32
Лабораторные / практические занятия по подгруппам		0	0
<b>Часы внеаудиторной работы, включая консультации, иную контактную работу и самостоятельную работу обучающегося</b>		80	80
Вид промежуточной аттестации (зачет, диф. зачет, экзамен)			Дифференцированный зачет

\*в зависимости от выбора обучающимся реализуемой дисциплины

### 3. Содержание дисциплины

Таблица 2

№	Тематика учебных встреч	Виды аудиторной работы (в ак.час.)			Итого аудиторных ак.часов по теме
		Лекции	Практические занятия	Лабораторные / практические занятия по подгруппам	
1	2	3	4	5	6
	Часов в 6-8* семестре	32	32	0	64
	Подземная гидромеханика	32	32	0	64
1	Основные понятия и определения подземной гидромеханики	2	0	0	2
2	Фиктивный и идеальный грунт	0	2	0	2
3	Фильтрационно-емкостные свойства горных пород	2	0	0	2
4	Определение фильтрационно-емкостных свойств горных пород	0	2	0	2
5	Консультация	0	0	0	0
6	Закон Дарси и границы его применимости	2	0	0	2
7	Закон Дарси и границы его применимости	0	2	0	2
8	Формула Форшгеймера. Степенной закон фильтрации	2	0	0	2
9	Формула Форшгеймера. Степенной закон фильтрации	0	2	0	2
10	Консультация	0	0	0	0
11	Типы течений	2	0	0	2
12	Расчёт распределения давления	0	2	0	2
13	Формула Дюпюи	2	0	0	2
14	Плоскорадиальная и радиально-сферическая фильтрация	0	2	0	2
15	Консультация	0	0	0	0
16	Установившаяся фильтрация сжимаемой жидкости и газа	2	0	0	2
17	Расчёт дебита идеального газа совершенной скважины	0	2	0	2
18	Уравнения состояния жидкости	2	0	0	2
19	Функция Лейбензона	0	2	0	2
20	Консультация	0	0	0	0
21	Виды несовершенства скважин	2	0	0	2

22	Коллоквиум по пройденному материалу	0	2	0	2
23	Наклонно-направленные и горизонтальные скважины	2	0	0	2
24	Виды несовершенства скважин	0	2	0	2
25	Консультация	0	0	0	0
26	Потенциал течения	2	0	0	2
27	Потенциал течения	0	2	0	2
28	Метод суперпозиции. Метод эквивалентных фильтрационных сопротивлений	2	0	0	2
29	Интерференция скважин	0	2	0	2
30	Консультация	0	0	0	0
31	Неустановившаяся фильтрация упругой жидкости в упругой пористой среде	2	0	0	2
32	Подсчёт упругого запаса жидкости в пласте	0	2	0	2
33	Уравнение пьезопроводности, коэффициент пьезопроводности	2	0	0	2
34	Решение уравнения пьезопроводности	0	2	0	2
35	Консультация	0	0	0	0
36	Двухфазная фильтрация несмешивающихся жидкостей	2	0	0	2
37	Относительные фазовые проницаемости. Корреляции Кори	0	2	0	2
38	Задача Баклея-Левверетта	2	0	0	2
39	Контрольная работа по материалу семестра	0	2	0	2
40	Консультация	0	0	0	0
41	Дифференцированный зачёт	0	0	0	0
	Итого (ак. часов)	32	32	0	64

\*в зависимости от выбора обучающимся реализуемой дисциплины

### **Тема 1. Основные понятия и определения подземной гидромеханики.**

Основные понятия и определения подземной гидромеханики. Гипотезы сплошной среды и система уравнений механики сплошных сред. Понятие пористой среды. Фиктивный и идеальный грунт. Фильтрационно-емкостные свойства горных пород. Пористость, проницаемость и удельная поверхность, методы их определения. Усреднение параметров пористых сред для использования гипотез механики сплошных сред.

### **Тема 2. Закон Дарси и формула Дюпюи.**

Формула Пуазёйля. Число Рейнольдса. Критерий Миллионщикова. Закон Дарси. Границы применимости закона Дарси. Формула Форшгеймера. Степенной закон фильтрации. Фильтрация газа в пористой среде. Состав нефти и газа. Одномерная установившаяся фильтрация несжимаемой жидкости к совершенным скважинам. Совершенная скважина. Типы течений. Формула Дюпюи. Контур питания, призабойная зона. Индикаторная диаграмма. Воронка депрессии.

### **Тема 3. Установившаяся фильтрация сжимаемой жидкости и газа.**

Установившаяся фильтрация сжимаемой жидкости и газа. Функция Лейбензона. Массовый расход. Установившаяся и неустановившаяся фильтрация. Сжимаемая жидкость,

сжимаемость. Уравнения состояния жидкости. Уравнение Менделеева-Клапейрона – уравнение состояния идеального газа. Фильтрационные коэффициенты.

#### **Тема 4. Конструкции и несовершенства скважин.**

Виды несовершенства скважин. Гидравлические (фильтрационные) сопротивления. Несовершенство скважин по характеру и степени вскрытия. Наклонно-направленные и горизонтальные скважины.

#### **Тема 5. Интерференция скважин.**

Плоские задачи теории установившейся фильтрации. Интерференция скважин. Потенциал течения. Удельный дебит. Метод суперпозиции. Уравнение Лапласа. Системы координат. Аналогия с правилами Кирхгофа. Метод эквивалентных фильтрационных сопротивлений. Методы теории функций комплексного переменного.

#### **Тема 6. Уравнение пьезопроводности.**

Неустановившаяся фильтрация упругой жидкости в упругой пористой среде. Диапазоны коэффициентов сжимаемости. Уравнение состояния пористой среды. Подсчёт упругого запаса жидкости в пласте. Уравнение пьезопроводности, коэффициент пьезопроводности. Кривые восстановления (падения) давления. Метод касательной. Метод последовательной смены стационарных состояний.

#### **Тема 7. Задача Баклея-Левретта.**

Двухфазная фильтрация несмешивающихся жидкостей. Насыщенность. Абсолютная и фазовая проницаемости. Относительные фазовые проницаемости. Корреляции Кори. Гистерезис относительных фазовых проницаемостей. Задача Баклея-Левретта. Функция Баклея-Левретта. Скорость фронта вытеснения.

### **4. Система оценивания.**

Обучающиеся, не набравшие 61 балла в течение семестра, или не согласные с оценкой, полученной по итогам текущего контроля в семестре, проходят промежуточную аттестацию в форме дифференцированного зачёта.

При проведении промежуточной аттестации результаты, полученные обучающимся в семестре, переводятся в формат традиционной оценки в соответствии со шкалой перевода баллов:

- от 61 до 75 баллов – «удовлетворительно»;
- от 76 до 90 баллов – «хорошо»;
- от 91 до 100 баллов – «отлично».

Студентам, набравшим 50 баллов и более в ходе семестра, в случае выхода на зачёт задача засчитывается автоматически. Зачёт по дисциплине состоит из 2 вопросов и задачи. При подробном ответе на 2 вопроса и решённой задаче ставится оценка "отлично", при подробном ответе на вопрос, решённой задаче и неполном ответе на 2 вопроса ставится оценка "хорошо", при ответе только на 1 вопрос и решённой задаче - "удовлетворительно", в случае невыполнения указанных требований - "не зачтено". Преподаватель вправе задать дополнительные вопросы по изученному материалу студенту в ходе беседы на зачёте, если ответ студента не является полным, в ходе такой беседы в случае полноты ответов ставится оценка «отлично», в случае наличия 1-2 ошибок в ходе ответов – «хорошо», в случае ответов более чем на 50% вопросов – «удовлетворительно», в противном случае – «не зачтено», причём преподаватель имеет право задать дополнительные вопросы по тем темам, занятия по которым пропустил студент.

### **5. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины**

#### **5.1 Литература:**

1. Подземная гидромеханика / К. С. Басниев, Н. М. Дмитриев, Р. Д. Каневская, В. М. Максимов. — Подземная гидромеханика. — Москва, Ижевск: Институт компьютерных исследований, 2019 — 488 с.

2. Физика нефтяного и газового пласта: учебное пособие / составители: М. В. Коровкин, Н. Э. Пулькина. — Физика нефтяного и газового пласта, 2025-08-25. — Электрон. дан. (1 файл). — Томск: Томский политехнический университет, 2019 — 80 с.
3. Киселев, С. П. Механика сплошных сред: учебное пособие / С. П. Киселев. — Механика сплошных сред. — Новосибирск: Новосибирский государственный технический университет, 2017 — 256 с.

## **5.2 Электронные образовательные ресурсы:**

Не используются

## **6. Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы:**

Springer / ФГБУ «Государственная публичная научно-техническая библиотека России».

URL: <https://rd.springer.com/>

Электронно-библиотечная система «ЗНАНИУМ» / ООО «ЗНАНИУМ». URL: <https://lib.utmn.ru/tpost/mlxo8l6vg1-znaniumcom>

Электронно-библиотечная система Лань / ООО ЭБС «ЛАНЬ». URL: <https://e.lanbook.com/>

## **7. Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение, в том числе отечественного производства**

MS Office, платформа для электронного обучения Microsoft Teams.

## **8. Технические средства и материально-техническое обеспечение дисциплины**

Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа оснащена следующими техническими средствами обучения и оборудованием: учебная мебель, доска аудиторная.

Мультимедийная учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа оснащена следующими техническими средствами обучения и оборудованием: учебная мебель, доска аудиторная, мультимедийное проекционное и акустическое оборудование, персональный компьютер.

Аудитория для самостоятельной работы оснащена следующими техническими средствами обучения и оборудованием: учебная мебель, доска аудиторная, мультимедийное проекционное и акустическое оборудование, персональные компьютеры.



ФГАОУ ВО «Тюменский государственный университет»

УТВЕРЖДЕНО

Заместителем директора

Физико-технического института

Крековым С.А.

РАЗРАБОТЧИКИ

Гильманов А.Я., Шевелев А.П.

ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКАЯ ГИДРОМЕХАНИКА

Рабочая программа

для обучающихся по направлениям подготовки

03.03.02 Физика, для всех профилей направления подготовки;

16.03.01 Техническая физика, для всех профилей направления подготовки;  
форма обучения очная

## 1. Планируемые результаты освоения дисциплины

### 1.1. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения данной дисциплины:

Формируемые компетенции для направления подготовки 03.03.02 Физика: ПК-2.

Формируемые компетенции для направления подготовки 16.03.01 Техническая физика: ПК-1.

### 1.2. Индикаторы достижения компетенций, соотнесенные с планируемыми результатами обучения:

В результате изучения курса студент должен получить:

#### Знания:

- видов физико-химических МУН
- основных физических принципов МУН
- основной системы уравнений механики гетерогенных систем

#### Умения:

- выбирать необходимый физико-химический МУН под данный объект разработки
- моделировать физико-химические МУН

#### Навыки:

- расчёта фильтрации физико-химических реагентов по трещинам автогидроразрыва пласта
- определения параметров адсорбции полимера

## 2. Структура и трудоемкость дисциплины

Таблица 1

Вид учебной работы		Всего часов	Кол-во часов в семестре (ак.ч.)
			6-8*
<b>Общая трудоемкость</b>	<b>зач. ед.</b>	4	4
	<b>час</b>	144	144
Из них:			
<b>Часы аудиторной работы (всего):</b>		64	64
Лекции		32	32
Практические занятия		32	32
Лабораторные / практические занятия по подгруппам		0	0
<b>Часы внеаудиторной работы, включая консультации, иную контактную работу и самостоятельную работу обучающегося</b>		80	80
Вид промежуточной аттестации (зачет, диф. зачет, экзамен)			Дифференцированный зачет

\*в зависимости от выбора обучающимся реализуемой дисциплины

### 3. Содержание дисциплины

Таблица 2

№	Тематика учебных встреч	Виды аудиторной работы (в ак.час.)			Итого аудиторных ак.часов по теме
		Лекции	Практические занятия	Лабораторные / практические занятия по подгруппам	
1	2	3	4	5	6
	Часов в 6-8* семестре	32	32	0	64
	Физико-химическая гидромеханика	32	32	0	64
1	Основы механики многофазных систем	2	0	0	2
2	Основы механики многофазных систем	0	2	0	2
3	Законы сохранения	2	0	0	2
4	Законы сохранения	0	2	0	2
5	Консультация	0	0	0	0
6	Адсорбция полимера в пористой среде	2	0	0	2
7	Определение механизмов адсорбции полимера в пористой среде	0	2	0	2
8	Изотермы Генри и Ленгмюра	2	0	0	2
9	Изотермы Генри и Ленгмюра	0	2	0	2
10	Консультация	0	0	0	0
11	Удерживание полимера в пористой среде	2	0	0	2
12	Удерживание полимера в пористой среде	0	2	0	2
13	Совместность протекания процессов адсорбции-удерживания	2	0	0	2
14	Модифицированные изотермы Ленгмюра	0	2	0	2
15	Консультация	0	0	0	0
16	Недоступный объём пор	2	0	0	2
17	Недоступный объём пор	0	2	0	2
18	Прямая и обратная задачи адсорбции-удерживания полимера в пористой среде	2	0	0	2
19	Передний и задний фронт вытеснения	0	2	0	2
20	Консультация	0	0	0	0
21	Фильтрация реагента в пористой среде	2	0	0	2
22	Фильтрация реагента в пористой среде	0	2	0	2

23	Эмпирические коэффициенты при фильтрации суспензии в пористой среде	2	0	0	2
24	Расчёт коэффициентов фильтрации и повреждения породы	0	2	0	2
25	Консультация	0	0	0	0
26	Модель глубокого проникновения суспензии в пористую среду	2	0	0	2
27	Коллоквиум по пройденному материалу	0	2	0	2
28	Распределение концентрации удержанных частиц	2	0	0	2
29	Распределение концентрации удержанных частиц	0	2	0	2
30	Консультация	0	0	0	0
31	Выравнивание профиля приёмистости	2	0	0	2
32	Расчёт приёмистости нагнетательной скважины	0	2	0	2
33	Потокоотклоняющие технологии	2	0	0	2
34	Потокоотклоняющие технологии	0	2	0	2
35	Консультация	0	0	0	0
36	Механизм образования гелей	2	0	0	2
37	Механизм образования гелей	0	2	0	2
38	Трещины автогидро разрыва пласта	2	0	0	2
39	Контрольная работа по материалу семестра	0	2	0	2
40	Консультация	0	0	0	0
41	Дифференцированный зачёт	0	0	0	0
	Итого (ак. часов)	32	32	0	64

\*в зависимости от выбора обучающимся реализуемой дисциплины

### **Тема 1. Основы механики многофазных систем и законы сохранения.**

Основы механики многофазных систем. Понятия фазы, компонента, агрегатного состояния. Гетерогенные и гомогенные системы. Субстанциональная производная. Законы сохранения массы, импульса и энергии. Закон сохранения количества компонентов.

### **Тема 2. Адсорбция полимера в пористой среде.**

Адсорбция полимера в пористой среде. Механизмы адсорбции. Физическая и химическая адсорбция. Изотермы Генри и Ленгмюра. Удерживание полимера в пористой среде. Механическое удерживание. Гидродинамическое удерживание. Срыв частиц полимера. Концентрация удержанных частиц. Отличия адсорбции и удерживания. Совместность протекания процессов адсорбции-удерживания. Модифицированные изотермы Ленгмюра. Недоступный объём пор. Трассерный метод определения недоступного объёма пор. Передний и задний фронт вытеснения. Метод характеристик. Прямая и обратная задачи адсорбции-удерживания полимера в пористой среде.

### **Тема 3. Фильтрация реагента в пористой среде.**

Реагенты. Суспензии. Виды суспензий. Термополимеры. Осадкообразующие соединения. Фильтрация реагента в пористой среде. Эмпирические коэффициенты при фильтрации суспензии в пористой среде. Коэффициент фильтрации. Коэффициент повреждения породы. Модель глубокого проникновения суспензии в пористую среду. Законы сохранения массы и импульса. Модифицированный закон Дарси. Распределение концентрации удержанных частиц. Глубина проникновения суспензии в пористую среду.

#### **Тема 4. Технологии выравнивания профиля приёмистости и потокоотклоняющие технологии.**

Выравнивание профиля приёмистости. Нагнетательная скважина. Заводнение. Приёмистость. Слоисто-неоднородные пласты. Латеральная неоднородность пласта. Потокоотклоняющие технологии. Применяемые реагенты.

#### **Тема 5. Образование гелей и блокирование трещин гидроразрыва.**

Механизм образования гелей. Время гелеобразования. Трещины автогидроразрыва пласта (автоГРП). Фильтрация дисперсных частиц в трещине автоГРП.

#### **4. Система оценивания.**

Обучающиеся, не набравшие 61 балла в течение семестра, или не согласные с оценкой, полученной по итогам текущего контроля в семестре, проходят промежуточную аттестацию в форме дифференцированного зачёта.

При проведении промежуточной аттестации результаты, полученные обучающимся в семестре, переводятся в формат традиционной оценки в соответствии со шкалой перевода баллов:

- от 61 до 75 баллов – «удовлетворительно»;
- от 76 до 90 баллов – «хорошо»;
- от 91 до 100 баллов – «отлично».

Студентам, набравшим 50 баллов и более в ходе семестра, в случае выхода на зачёт задача засчитывается автоматически. Зачёт по дисциплине состоит из 2 вопросов и задачи. При подробном ответе на 2 вопроса и решённой задаче ставится оценка "отлично", при подробном ответе на вопрос, решённой задаче и неполном ответе на 2 вопроса ставится оценка "хорошо", при ответе только на 1 вопрос и решённой задаче - "удовлетворительно", в случае невыполнения указанных требований - "не зачтено". Преподаватель вправе задать дополнительные вопросы по изученному материалу студенту в ходе беседы на зачёте, если ответ студента не является полным, в ходе такой беседы в случае полноты ответов ставится оценка «отлично», в случае наличия 1-2 ошибок в ходе ответов – «хорошо», в случае ответов более чем на 50% вопросов – «удовлетворительно», в противном случае – «не зачтено», причём преподаватель имеет право задать дополнительные вопросы по тем темам, занятия по которым пропустил студент.

#### **5. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины**

##### **5.1 Литература:**

1. Фильтрационные течения с физико-химическими превращениями в задачах нефтегазовой механики : учебное пособие / К. М. Федоров, Н. Г. Мусакаев, Т. А. Кремлева; Тюменский государственный университет, Институт теоретической и прикладной механики им. С. А. Христиановича СО РАН. - Тюмень : Издательство Тюменского государственного университета, 2017. - 107 с.
2. Ладенко, А. А. Теоретические основы разработки нефтяных и газовых месторождений : учебное пособие / А. А. Ладенко, О. В. Савенок. - Москва ; Вологда : Инфра-Инженерия, 2020. - 244 с.
3. Подземная гидромеханика / К. С. Басниев, Н. М. Дмитриев, Р. Д. Каневская, В. М. Максимов. — Подземная гидромеханика, 2023-02-12. — Электрон. дан. (1 файл). — Москва, Ижевск: Институт компьютерных исследований, 2019 — 488 с.

##### **5.2 Электронные образовательные ресурсы:**

Не используются.

#### **6. Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы:**

Springer / ФГБУ «Государственная публичная научно-техническая библиотека России».  
URL: <https://rd.springer.com/>

Электронно-библиотечная система «ЗНАНИУМ» / ООО «ЗНАНИУМ». URL:  
<https://lib.utmn.ru/tpost/mlxo8l6vg1-znaniumcom>

Электронно-библиотечная система Лань / ООО ЭБС «ЛАНЬ». URL:  
<https://e.lanbook.com/>

#### **7. Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение, в том числе отечественного производства**

MS Office, платформа для электронного обучения Microsoft Teams.

#### **8. Технические средства и материально-техническое обеспечение дисциплины**

Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа оснащена следующими техническими средствами обучения и оборудованием: учебная мебель, доска аудиторная.

Мультимедийная учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа оснащена следующими техническими средствами обучения и оборудованием: учебная мебель, доска аудиторная, мультимедийное проекционное и акустическое оборудование, персональный компьютер.

Аудитория для самостоятельной работы оснащена следующими техническими средствами обучения и оборудованием: учебная мебель, доска аудиторная, мультимедийное проекционное и акустическое оборудование, персональные компьютеры.

ФГАОУ ВО «Тюменский государственный университет»

УТВЕРЖДЕНО

Заместителем директора

Физико-технического института

Крековым С.А.

РАЗРАБОТЧИКИ

Гильманов А.Я., Шевелев А.П.

ТЕРМОДИНАМИКА УГЛЕВОДОРОДНЫХ СИСТЕМ

Рабочая программа

для обучающихся по направлениям подготовки

03.03.02 Физика, для всех профилей направления подготовки;

16.03.01 Техническая физика, для всех профилей направления подготовки;  
форма обучения очная

## 1. Планируемые результаты освоения дисциплины

### 1.1. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения данной дисциплины:

По направлению подготовки 03.03.02 Физика: ПК-2.

По направлению подготовки 16.03.01 Техническая физика: ПК-1.

### 1.2. Индикаторы достижения компетенций, соотнесенные с планируемыми результатами обучения:

В результате изучения курса студент должен получить:

#### Знания:

- основных понятий и законов, описывающих фазовое поведение индивидуальных веществ и многокомпонентных природных углеводородных систем;
- классических методов расчета фазового состояния многокомпонентных углеводородных систем нефтяных, газовых и газоконденсатных месторождений с использованием уравнений состояния и программного обеспечения.

#### Умения:

- моделировать фазовое поведение многокомпонентной углеводородной системы;
- анализировать полученные результаты и оформлять их в виде отчетов.

#### Навыки:

- пользования автоматизированными программными комплексами PVT-моделирования;
- работы с различными корреляционными зависимостями для параметров, характеризующих фазовое поведение многокомпонентной углеводородной системы.

## 2. Структура и трудоемкость дисциплины

Таблица 1

Вид учебной работы		Всего часов	Кол-во часов в семестре (ак.ч.)
			6-8*
Общая трудоемкость	зач. ед.	4	4
	час	144	144
Из них:			
Часы аудиторной работы (всего):		64	64
Лекции		32	32
Практические занятия		32	32
Лабораторные / практические занятия по подгруппам		0	0
Часы внеаудиторной работы, включая консультации, иную контактную работу и самостоятельную работу обучающегося		80	80
Вид промежуточной аттестации (зачет, диф. зачет, экзамен)			Дифференцированный зачет

\*в зависимости от выбора обучающимся реализуемой дисциплины



### 3. Содержание дисциплины

Таблица 2

№	Тематика учебных встреч	Виды аудиторной работы (в ак.час.)			Итого аудиторных ак.часов по теме
		Лекции	Практические занятия	Лабораторные / практические занятия по подгруппам	
1	2	3	4	5	6
	Часов в 6-8* семестре	32	32	0	64
	Термодинамика углеводородных систем	32	32	0	64
1	Основы термодинамики многокомпонентных систем	2	0	0	2
2	Решение задач на первое и второе начало термодинамики	0	2	0	2
3	Химический потенциал. Уравнение Гиббса–Дюгема	2	0	0	2
4	Уравнение Гиббса–Дюгема. Правило фаз Гиббса	0	2	0	2
5	Уравнения состояния чистых веществ	2	0	0	2
6	Расчёт критических параметров	0	2	0	2
7	Консультация	0	0	0	0
8	Многокоэффициентные уравнения состояния	2	0	0	2
9	Расчёт коэффициента сверхсжимаемости по уравнению Редлиха-Квонга	0	2	0	2
10	Модификации уравнения Редлиха–Квонга	2	0	0	2
11	Расчёт параметров уравнения по правилам смешения	0	2	0	2
12	Консультация	0	0	0	0
13	Уравнение Пенга–Робинсона и его модификации	2	0	0	2
14	Расчёт коэффициента сверхсжимаемости по уравнению Пенга–Робинсона	0	2	0	2
15	Методы и алгоритмы расчета парожидкостного равновесия многокомпонентных систем	2	0	0	2
16	Построение алгоритма определения молярных концентраций	0	2	0	2
17	Фазовые диаграммы	2	0	0	2

18	Псевдокомпонент	0	2	0	2
19	Консультация	0	0	0	0
20	Ретроградные явления	2	0	0	2
21	Построение фазовых диаграмм	0	2	0	2
22	Методика и алгоритм определения фазового состояния газоконденсатной системы на основе разделения компонентов на фракции	2	0	0	2
23	Моделирование газоконденсатных систем	0	2	0	2
24	Консультация	0	0	0	0
25	Метод Куртиса–Витсона. Метод линеаризации молярной доли	2	0	0	2
26	Метод Куртиса–Витсона. Метод линеаризации молярной доли	0	2	0	2
27	Корреляции для определения ацентрического фактора	2	0	0	2
28	Корреляции для определения ацентрического фактора	0	2	0	2
29	Консультация	0	0	0	0
30	Фугитивность (летучесть)	2	0	0	2
31	Алгоритм расчёта фазового равновесия углеводородной системы	0	2	0	2
32	Автоматизированные комплексы PVTi-моделирования	2	0	0	2
33	Знакомство с интерфейсом комплексов PVTi-моделирования	0	2	0	2
34	Консультация	0	0	0	0
35	Задание параметров компонентов в программных комплексах PVTi-моделирования	2	0	0	2
36	Задание параметров компонентов в программных комплексах PVTi-моделирования	0	2	0	2
37	Консультация	0	0	0	0
38	Построение фазовых диаграмм в программных комплексах PVTi-моделирования	2	0	0	2
39	Настройка PVTi-модели	0	2	0	2
40	Консультация	0	0	0	0
41	Дифференцированный зачёт	0	0	0	0
	Итого (ак. часов)	32	32	0	64

\*в зависимости от выбора обучающимся реализуемой дисциплины

### **Тема 1. Основы термодинамики многокомпонентных систем.**

Основные понятия и определения термодинамики многокомпонентных (углеводородных) систем. Определения термодинамической системы, независимых термодинамических параметров, функции состояния, характеристических функций, экстенсивных, интенсивных, внешних и внутренних параметров, механических, тепловых и массообменных взаимодействий, открытой и закрытой систем, гомогенной и гетерогенной термодинамической системы, фазы и

компонента термодинамической системы. Химический потенциал. Уравнение Гиббса–Дюгема. Правило фаз Гиббса. Летучесть и коэффициент летучести.

### **Тема 2. Уравнения состояния.**

Уравнения состояния чистых веществ. Вириальные уравнения состояния. Уравнение Менделеева-Клапейрона. Кубические уравнения состояния. Реальный газ. Уравнение Ван-дер-Ваальса. Многокоэффициентные уравнения состояния. Уравнение Бенедикта–Вебба–Рубина. Уравнение Старлинга–Ханна. Уравнение Редлиха–Квонга. Модификации уравнения Редлиха–Квонга. Модификация Алани–Кеннеди–Багиа. Модификация Вильсона. Модификация Чу–Прауснитца. Модификация Иоффе–Зудкевича. Модификация Симоне–Бихара. Модификация Барсука–Беньяминовича. Уравнение Соаве–Редлиха–Квонга. Уравнение Пенга–Робинсона и его модификации. Модификация с шифт–параметром. Обобщенный вид кубического уравнения состояния.

### **Тема 3. Методы и алгоритмы расчета парожидкостного равновесия многокомпонентных систем.**

Методы и алгоритмы расчета парожидкостного равновесия многокомпонентных систем. Коэффициенты распределения компонентов двухфазной системы. Уравнения фазовых концентраций двухфазных систем. Стабильность фазового состояния. Понятие и критерий стабильности фазы. Фазовые диаграммы. Фазовые диаграммы для чистых веществ. Фазовая диаграмма «давление – температура» чистого вещества. Фазовая диаграмма «давление – удельный объем» чистого вещества. Фазовые диаграммы двухкомпонентных систем. Диаграмма «давление – удельный объем» бинарных систем. Диаграмма «давление – состав» двойных систем. Фазовая диаграмма «давление – состав» бинарной смеси метан–диоксид углерода. Псевдокомпонент. Фазовые диаграммы «давление – температура» бинарных смесей. Ретроградные явления. Фазовые диаграммы трехкомпонентных систем. Треугольная фазовая диаграмма для определения состава трехкомпонентной смеси. Классификация залежей по фазовому состоянию и свойствам пластовых флюидов. Моделирование газоконденсатных систем. Методика и алгоритм определения фазового состояния газоконденсатной системы на основе разделения компонентов на фракции. Моделирование нефтяных систем на основе данных исследования глубинной пробы. Две модели пластовой нефти и алгоритмы расчета фазового состояния нефтяных систем. Метод разбиения на фракции группы CN+. Метод Куртиса–Витсона. Метод линеаризации молярной доли. Расчет параметров фракций–компонентов модели пластовой смеси. Корреляционные зависимости для определения критических температуры и давления. Корреляции для определения ацентрического фактора. Эффективный метод расчета критического давления и ацентрического фактора фракций группы C5+. Фугитивность (летучесть). Условие термодинамического равновесия фаз. Коэффициент фугитивности. Методика расчёта фазового равновесия через фугитивности. Замыкающие соотношения. Условия на молярные концентрации.

### **Тема 4. Автоматизированные комплексы PVTi-моделирования.**

Автоматизированные комплексы PVTi-моделирования. Функциональные возможности. Задание параметров компонентов в программных комплексах PVTi-моделирования. Построение фазовых диаграмм в программных комплексах PVTi-моделирования. Настройка модели.

## **4. Система оценивания.**

Обучающиеся, не набравшие 61 балла в течение семестра, или не согласные с оценкой, полученной по итогам текущего контроля в семестре, проходят промежуточную аттестацию в форме дифференцированного зачёта.

При проведении промежуточной аттестации результаты, полученные обучающимся в семестре, переводятся в формат традиционной оценки в соответствии со шкалой перевода баллов:

- от 61 до 75 баллов – «удовлетворительно»;
- от 76 до 90 баллов – «хорошо»;
- от 91 до 100 баллов – «отлично».

Студентам, набравшим 50 баллов и более в ходе семестра, в случае выхода на зачёт задача засчитывается автоматически. Зачёт по дисциплине состоит из 2 вопросов и задачи. При подробном ответе на 2 вопроса и решённой задаче ставится оценка "отлично", при подробном ответе на вопрос, решённой задаче и неполном ответе на 2 вопроса ставится оценка "хорошо", при ответе только на 1 вопрос и решённой задаче - "удовлетворительно", в случае невыполнения указанных требований - "не зачтено". Преподаватель вправе задать дополнительные вопросы по изученному материалу студенту в ходе беседы на зачёте, если ответ студента не является полным, в ходе такой беседы в случае полноты ответов ставится оценка «отлично», в случае наличия 1-2 ошибок в ходе ответов – «хорошо», в случае ответов более чем на 50% вопросов – «удовлетворительно», в противном случае – «не зачтено», причём преподаватель имеет право задать дополнительные вопросы по тем темам, занятия по которым пропустил студент.

## **5. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины**

### **5.1 Литература:**

1. Тетельмин, В. В. Нефтегазовое дело. Полный курс. В двух томах. Том 2 : учебник / В. В. Тетельмин. - 2-е изд. - Москва ; Вологда : Инфра-Инженерия, 2021. - 400 с. - ISBN 978-5-9729-0557-7.
2. Федоров, Константин Михайлович. Фильтрационные течения с физико-химическими превращениями в задачах нефтегазовой механики: учебное пособие / К. М. Федоров, Н. Г. Мусакаев, Татьяна Анатольевна Кремлева. — Тюмень: Изд-во Тюм. гос. ун-та, 2017.
3. Физика нефтяного и газового пласта: учебное пособие / составители: М. В. Коровкин, Н. Э. Пулькина. — Физика нефтяного и газового пласта. — Томск: Томский политехнический университет, 2019 — 80 с.

### **5.2 Электронные образовательные ресурсы:**

Не используются.

## **6. Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы:**

Springer / ФГБУ «Государственная публичная научно-техническая библиотека России».

URL: <https://rd.springer.com/>

Электронно-библиотечная система «ЗНАНИУМ» / ООО «ЗНАНИУМ». URL: <https://lib.utmn.ru/tpost/mlxo8l6vg1-znaniumcom>

Электронно-библиотечная система Лань / ООО ЭБС «ЛАНЬ». URL: <https://e.lanbook.com/>

## **7. Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение, в том числе отечественного производства**

MS Office, платформа для электронного обучения Microsoft Teams.

Лицензионное программное обеспечение Microsoft Visual Studio.

Свободно распространяемое программное обеспечение для написания кодов программ Lazarus, PascalABC.

Лицензионное программное обеспечение tNavigator.

## **8. Технические средства и материально-техническое обеспечение дисциплины**

Мультимедийная учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа оснащена следующими техническими средствами обучения и оборудованием: учебная мебель, доска аудиторная, мультимедийное проекционное и акустическое оборудование, персональный компьютер.

Мультимедийная учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа оснащена следующими техническими средствами обучения и оборудованием: учебная мебель,

доска аудиторная, мультимедийное проекционное и акустическое оборудование, персональные компьютеры.

Аудитория для самостоятельной работы оснащена следующими техническими средствами обучения и оборудованием: учебная мебель, доска аудиторная, мультимедийное проекционное и акустическое оборудование, персональные компьютеры.

ФГАОУ ВО «Тюменский государственный университет»

УТВЕРЖДЕНО

Заместителем директора

Физико-технического института

Крековым С.А.

РАЗРАБОТЧИКИ

Гильманов А.Я., Шевелев А.П.

ЧИСЛЕННЫЕ МЕТОДЫ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ НЕФТЕГАЗОВОЙ ОТРАСЛИ

Рабочая программа

для обучающихся по направлениям подготовки

03.03.02 Физика, для всех профилей направления подготовки;

16.03.01 Техническая физика, для всех профилей направления подготовки;  
форма обучения очная

## 1. Планируемые результаты освоения дисциплины

### 1.1. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения данной дисциплины:

По направлению подготовки 03.03.02 Физика: ПК-2.

По направлению подготовки 16.03.01 Техническая физика (профиль Техническая физика): ПК-2.

По направлению подготовки 16.03.01 Техническая физика (профиль Техническая физика в нефтегазовых технологиях): УК-1.

### 1.2. Индикаторы достижения компетенций, соотнесенные с планируемыми результатами обучения:

В результате освоения дисциплины обучающийся должен получить:

#### Знания:

- основных этапов математического моделирования и численного исследования физических процессов в нефтегазовой отрасли;
- масштабов процессов и роли различных связей при моделировании;
- основных понятий разработки месторождений.

#### Умения:

- применять понятия масштабных и безразмерных переменных, оценивать их роль;
- применять численные методы при решении задач нефтегазовой отрасли.

#### Навыки:

- написания алгоритмов численных методов решения задач нефтегазовой отрасли;
- моделирования актуальных задач нефтегазовой отрасли.

## 2. Структура и трудоемкость дисциплины

Таблица 1

Вид учебной работы		Всего часов	Кол-во часов в семестре (ак.ч.)
			6-8*
<b>Общая трудоемкость</b>	<b>зач. ед.</b>	4	4
	<b>час</b>	144	144
Из них:			
<b>Часы аудиторной работы (всего):</b>		64	64
Лекции		32	32
Практические занятия		32	32
Лабораторные / практические занятия по подгруппам		0	0
<b>Часы внеаудиторной работы, включая консультации, иную контактную работу и самостоятельную работу обучающегося</b>		80	80
Вид промежуточной аттестации (зачет, диф. зачет, экзамен)			Дифференцированный зачет

\*в зависимости от выбора обучающимся реализуемой дисциплины

### 3. Содержание дисциплины

Таблица 2

№	Тематика учебных встреч	Виды аудиторной работы (в ак.час.)			Итого аудиторных ак.часов по теме
		Лекции	Практические занятия	Лабораторные / практические занятия по подгруппам	
1	2	3	4	5	6
	Часов в 6-8* семестре	32	32	0	64
	Численные методы решения задач нефтегазовой отрасли	32	32	0	64
1	Актуальные задачи нефтегазовой отрасли	2	0	0	2
2	Решение задачи о распространении тепла в пласте с помощью метода автомодельной переменной	0	2	0	2
3	Метод автомодельной переменной	2	0	0	2
4	Определение времени прогрева пласта	0	2	0	2
5	Консультация	0	0	0	0
6	Численные методы для решения нефтегазовой отрасли	2	0	0	2
7	Применение явной конечно-разностной схемы для решения задачи о распространении тепла в пласте	0	2	0	2
8	Порядок аппроксимации, устойчивость, сходимость явной конечно-разностной схемы для задачи о распространении тепла в пласте	2	0	0	2
9	Устойчивость и сходимость численного решения задачи о распространении тепла в пласте	0	2	0	2
10	Консультация	0	0	0	0
11	Основы теории алгоритмов для решения задач нефтегазовой отрасли	2	0	0	2
12	Программная реализация явной конечно-разностной схемы для уравнения теплопроводности	0	2	0	2
13	Анализ чувствительности физических величин от входных параметров	2	0	0	2
14	Написание отчёта по решению задачи о распространении тепла в пласте с помощью явной конечно-разностной схемы	0	2	0	2



15	Консультация	0	0	0	0
16	Применение неявной конечно-разностной схемы для решения задачи о распространении тепла в пласте	2	0	0	2
17	Применение неявной конечно-разностной схемы для решения задачи о распространении тепла в пласте	0	2	0	2
18	Метод прогонки как разновидность метода последовательного исключения неизвестных для задачи о распространении тепла в пласте	2	0	0	2
19	Анализ чувствительности безразмерных комплексов подобия от входных параметров	0	2	0	2
20	Консультация	0	0	0	0
21	Применение неявной конечно-разностной схемы для решения задачи о диффузии веществ в пористой среде	2	0	0	2
22	Проверка сходимости решения по неявной схеме задачи о распространении тепла в пласте	0	2	0	2
23	Порядок аппроксимации, устойчивость, сходимость неявной схемы для решения задачи о диффузии веществ в пористой среде	2	0	0	2
24	Применение и сопоставление явной и неявной конечно-разностных схем для решения задачи о диффузии веществ в пласте	0	2	0	2
25	Консультация	0	0	0	0
26	Метод парогравитационного дренажа	2	0	0	2
27	Написание научного отчёта по решению задачи о диффузии веществ в пласте	0	2	0	2
28	Применение явной схемы для решения двумерной задачи теплопроводности при SAGD	2	0	0	2
29	Применение явной схемы для решения двумерной задачи теплопроводности при SAGD	0	2	0	2
30	Консультация	0	0	0	0
31	Трёхмерная задача теплопроводности при SAGD	2	0	0	2
32	Трёхмерная задача теплопроводности при SAGD	0	2	0	2
33	Сведение трёхмерной задачи к двумерной	2	0	0	2
34	Написание научного отчёта по решению задачи об инициации процесса SAGD	0	2	0	2
35	Консультация	0	0	0	0

36	Нелинейные дифференциальные уравнения в нефтегазовой отрасли	2	0	0	2
37	Применение численных методов для решения нелинейного дифференциального уравнения	0	2	0	2
38	Применение численных методов для решения нелинейного дифференциального уравнения (зависимость свойств породы от температуры)	2	0	0	2
39	Написание научного отчёта по решению задачи с нелинейным дифференциальным уравнением	0	2	0	2
40	Консультация	0	0	0	0
41	Дифференцированный зачёт	0	0	0	0
	Итого (ак. часов)	32	32	0	64

\*в зависимости от выбора обучающимся реализуемой дисциплины

### **Тема 1. Численные методы решения задачи о распространении тепла в пласте.**

Актуальные задачи нефтегазовой отрасли, в том числе для Тюменской области. Тепловые методы увеличения нефтеотдачи. Задача о распространении тепла в пласте. Метод автомодельной переменной. Дифференциальные уравнения в частных производных. Численные методы для решения нефтегазовой отрасли. Сетка. Сеточная функция. Применение явной конечно-разностной для уравнения теплопроводности в пласте. Порядок аппроксимации, устойчивость, сходимость явной конечно-разностной схемы для задачи о распространении тепла в пласте. Основы теории алгоритмов для решения задач нефтегазовой отрасли. Основные элементы программы. Анализ чувствительности физических величин от входных параметров. Основы структуры научных отчётов. Применение неявной конечно-разностной схемы для решения задачи о распространении тепла в пласте. Отличие неявной схемы от явной. Метод прогонки как разновидность метода последовательного исключения неизвестных для задачи о распространении тепла в пласте.

### **Тема 2. Численные методы решения задачи о диффузии веществ в пласте.**

Применение неявной конечно-разностной схемы для решения задачи о диффузии веществ в пористой среде. Уравнение диффузии. Порядок аппроксимации, устойчивость, сходимость неявной схемы для решения задачи о диффузии веществ в пористой среде. Абсолютная устойчивость.

### **Тема 3. Численные методы решения задачи об инициации процесса парогравитационного дренажа.**

Метод парогравитационного дренажа (Steam-Assisted Gravity Drainage, SAGD). Инициация процесса SAGD. Двумерная задача теплопроводности при SAGD. Применение явной схемы для решения двумерной задачи теплопроводности при SAGD. Трёхмерная задача теплопроводности при SAGD. Цилиндрические координаты. Применение явной схемы для решения трёхмерной задачи. Оптимальный выбор сетки. Расчётное время. Сведение трёхмерной задачи к двумерной.

### **Тема 4. Численные методы решения задачи о зависимости свойств породы от температуры.**

Нелинейные дифференциальные уравнения в нефтегазовой отрасли. Физические свойства пород, нелинейные зависимости параметров. Применение численных методов для решения нелинейного дифференциального уравнения (зависимость свойств породы от температуры).

#### **4. Система оценивания.**

Обучающиеся, не набравшие 61 балла в течение семестра, или не согласные с оценкой, полученной по итогам текущего контроля в семестре, проходят промежуточную аттестацию в форме дифференцированного зачёта.

При проведении промежуточной аттестации результаты, полученные обучающимся в семестре, переводятся в формат традиционной оценки в соответствии со шкалой перевода баллов:

- от 61 до 75 баллов – «удовлетворительно»;
- от 76 до 90 баллов – «хорошо»;
- от 91 до 100 баллов – «отлично».

Билет для зачёта по дисциплине состоит из 3 вопросов. При подробном ответе на 3 вопроса ставится оценка "отлично", при подробном ответе на 2 вопроса и неполном ответе на 3 вопроса ставится оценка "хорошо", при ответе только на 2 вопроса - "удовлетворительно", в случае невыполнения указанных требований - "не зачтено". Преподаватель вправе задать дополнительные вопросы по изученному материалу студенту в ходе беседы на зачёте, если ответ студента не является полным, в ходе такой беседы в случае полноты ответов ставится оценка «отлично», в случае наличия 1-2 ошибок в ходе ответов – «хорошо», в случае ответов более чем на 50% вопросов – «удовлетворительно», в противном случае – «не зачтено», причём преподаватель имеет право задать дополнительные вопросы по тем темам, занятия по которым пропустил студент.

#### **5. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины**

##### **5.1 Литература:**

1. Мусакаев, Наиль Габсалямович. Течения газожидкостных смесей в каналах: теория и вычислительный эксперимент / Н. Г. Мусакаев; М-во образования и науки РФ, Тюм. гос. ун-т, Ин-т теор. и прикл. механики им. С. А. Христиановича СО РАН. — Тюмень: Изд-во Тюм. гос. ун-та, 2017 — 148 с.
2. Пименов, В. Г. Численные методы в 2 ч. Ч. 1: Учебное пособие для вузов / Пименов В. Г. — Москва: Юрайт, 2020. — 111 с.
3. Пименов, В. Г. Численные методы в 2 ч. Ч. 2: Учебное пособие для вузов / Пименов В. Г., Ложников А. Б. — Москва: Юрайт, 2021. — 107 с.
4. Физика нефтяного и газового пласта: учебное пособие / составители: М. В. Коровкин, Н. Э. Пулькина. — Физика нефтяного и газового пласта. — Томск: Томский политехнический университет, 2019 — 80 с.

##### **5.2 Электронные образовательные ресурсы:**

Не используются.

#### **6. Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы:**

Springer / ФГБУ «Государственная публичная научно-техническая библиотека России».

URL: <https://rd.springer.com/>

Электронно-библиотечная система «ЗНАНИУМ» / ООО «ЗНАНИУМ». URL: <https://lib.utmn.ru/tpost/mlxo816vg1-znaniumcom>

Электронно-библиотечная система Лань / ООО ЭБС «ЛАНЬ». URL: <https://e.lanbook.com/>

#### **7. Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение, в том числе отечественного производства**

MS Office, платформа для электронного обучения Microsoft Teams.

Лицензионное программное обеспечение Microsoft Visual Studio.

Свободно распространяемое программное обеспечение для написания кодов программ Lazarus, PascalABC.

#### **8. Технические средства и материально-техническое обеспечение дисциплины**

Мультимедийная учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа оснащена следующими техническими средствами обучения и оборудованием: учебная мебель, доска аудиторная, мультимедийное проекционное и акустическое оборудование, персональный компьютер.

Мультимедийная учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа оснащена следующими техническими средствами обучения и оборудованием: учебная мебель, доска аудиторная, мультимедийное проекционное и акустическое оборудование, персональные компьютеры.

Аудитория для самостоятельной работы оснащена следующими техническими средствами обучения и оборудованием: учебная мебель, доска аудиторная, мультимедийное проекционное и акустическое оборудование, персональные компьютеры.

ФГАОУ ВО «Тюменский государственный университет»

УТВЕРЖДЕНО

Заместителем директора

Физико-технического института

Крековым С.А.

РАЗРАБОТЧИК

Удовиченко С.Ю.

Вакуумная техника и технологии

для обучающихся по направлениям подготовки

03.03.02 Физика, для всех профилей направления подготовки;

16.03.01 Техническая физика, для всех профилей направления подготовки;  
форма обучения очная

Удовиченко С.Ю. Вакуумная техника и технологии. Рабочая программа для обучающихся по направлениям подготовки 03.03.02 Физика, для всех профилей направления подготовки; 16.03.01 Техническая физика, для всех профилей направления подготовки, форма обучения очная, Тюмень, 2020.

Рабочая программа дисциплины опубликована на сайте ТюмГУ: Вакуумная техника и технологии [электронный ресурс] / Режим доступа: <https://www.utmn.ru/sveden/education/#>.

© Тюменский государственный университет, 2020.

© Удовиченко С.Ю., 2020.

Рабочая программа дисциплины включает следующие разделы:

## 1. Пояснительная записка

**Цель дисциплины:** дать студентами представления о современном оборудовании, в котором применяются пучково-плазменные технологии для создания функциональных покрытий на конструкционных материалах и устройствах, таких, как термозащитных покрытий лопаток газотурбинных двигателей газоперекачивающих станций и антикоррозионных покрытий на трубы нефтегазового сортамента.

### Задачи дисциплины:

- изучить назначение и устройство электровакуумных установок, применяемых в промышленности для обработки поверхности конструкционных материалов и создания на них функциональных покрытий;
- изучить методы пучково-плазменных технологий, применяемые в промышленных установках по обработке поверхности материалов;
- получить практические навыки по созданию тонкопленочных функциональных покрытий, катализаторов для утилизации жидких углеводородных отходов и исследования кернов.

### 1.1. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Данная дисциплина входит в блок Б1 Дисциплины, относится к дисциплинам по выбору вариативной части. Для ее успешного освоения необходимо предварительное изучение дисциплин «Физика атома, ядра и элементарных частиц», «Электричество и магнетизм».

### 1.2. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения данной дисциплины

Таблица 1

Код и наименование компетенции (из ФГОС ВО)	Компонент (знаниевый/функциональный)
ПК-1: способность использовать специализированные знания в области физики для освоения профильных физических дисциплин	<b>Знает</b> – специализированные разделы физики «Механика», «Молекулярная физика», «Электричество и магнетизм», «Физика атома, атомного ядра и элементарных частиц» для освоения профильных физических дисциплин.
	<b>Умеет</b> – использовать специализированные знания в области физики наноструктур, атомной и молекулярной физики.
ПК-2: способность проводить научные исследования в избранной области экспериментальных и (или) теоретических физических исследований с помощью современной приборной базы (в том числе сложного физического оборудования) и информационных технологий с учетом отечественного и зарубежного опыта	<b>Знает</b> – современную приборную базу для исследования наноматериалов, в том числе сложного аналитического оборудования.
	<b>Умеет</b> – проводить научные исследования наноматериалов с помощью современной приборной базы, в том числе сложного аналитического оборудования.

## 2. Структура и трудоемкость дисциплины

Таблица 2

Вид учебной работы		Всего часов (академические часы)	Часов в семестре (академические часы)
			6
<b>Общий объем</b>	<b>зач. ед.</b>	4	4
	<b>час</b>	144	144
Из них:			
<b>Часы аудиторной работы (всего):</b>		68	68
Лекции		34	34
Практические занятия		34	34
Лабораторные / практические занятия по подгруппам		0	0
<b>Часы внеаудиторной работы, включая самостоятельную работу обучающегося</b>		76	76
Вид промежуточной аттестации (зачет, диф. зачет, экзамен)			Диф.зачет

## 3. Система оценивания

**3.1.** Оценивание знаний, умений и навыков студентов, полученных ими в ходе изучения дисциплины, производится в соответствии с «Положением о текущем контроле успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Тюменский государственный университет».

На учебных занятиях оценивается аудиторная работа студента на практических занятиях (0 – 10 баллов)

## 4. Содержание дисциплины

### 4.1. Тематический план дисциплины

Таблица 3

№ п/п	Наименование тем и/или разделов	Объем дисциплины, час.				
		Всего	Виды аудиторной работы (академические часы)			Иные виды контактн ой работы
			Лекции	Практические занятия	Лабораторные/ практические занятия по подгруппам	
1	2	3	4	5	6	7
1.	Современное оборудование для пучково-плазменных технологий	4	4	0	0	
2.	Получение металлического тонкопленочного покрытия в	4	0	4	0	



	магнетронном модуле					
3.	Нанотехнологический комплекс «НаноФаб-100»	4	4	0	0	
4.	Изготовление мемристорного наноматериала из оксида металла в реактивной среде магнетрона	0	0	4	0	
5.	Электривакуумные установки для промышленных нанотехнологий	4	4	0	0	
6.	Получение оптического тонкопленочного материала из нитрида кремния в магнетронном модуле	4	0	4	0	
7.	Дуговые источники плазмы и применение плазменных ускорителей в нанотехнологиях	4	4	0	0	
8.	Измерение толщины и показателя преломления пленки на интерферометре	4	0	4	0	
9.	Магнетронные системы распыления	4	4	0	0	
10.	Технология физического травления ионным пучком в модуле ФИП	4	0	4	0	
11.	Пучковые технологии для обработки материалов	4	4	0	0	
12.	Наблюдение процесса травления с помощью РЭМ в модуле ФИП	4	0	4	0	
13.	Создание	4	4	0	0	

	термозащитных покрытий лопаток и узлов газотурбинного двигателя газоперекачивающих станций					
14.	Исследование элементного состава тонкой пленки методом Вторичной Ионной Масс-Спектрометрии (ВИМС)	4	0	4	0	
15.	Исследование кернов, получаемых при разведке нефтяных месторождений	4	4	0	0	
16.	Травление материала в плазмохимическом модуле	4	0	4	0	
17	Создание стекловолокнистых катализаторов для утилизации жидких углеводородных отходов и шламов	2	2	0	0	
18	Исследование процесса внедрения ионов галлия в кремниевую подложку в имплантационном модуле	2	0	2	0	
	Итого (часов)	68	34	34	0	

#### 4.2. Содержание дисциплины по темам

##### *Темы лекционных занятий:*

**Тема 1. "Современное оборудование для пучково-плазменных технологий".** Кластерное нанотехнологическое оборудование, его базовые принципы и применение. В качестве примера кластерного нанотехнологического оборудования представлен нанотехнологический комплекс "НаноФаб-100". В качестве аналитического оборудования рассмотрены просвечивающий электронный микроскоп *JEM-2100 EX*, растровый электронный микроскоп *JSM-6510LV-EDS* с рентгеновским энерго-дисперсионным спектрометром, универсальный вакуумный сканирующий зондовый микроскоп «ИНТЕГРА – АУРА» и конфокальный лазерный сканирующий микроскоп.

**Тема 2. "Нанотехнологический комплекс «НаноФаб-100»".** Назначение НТК «НаноФаб-100», назначение и устройство его основных технологических модулей – сверхвысоковакуумного модуля травления с колонной фокусированных ионных пучков со сканирующим электронным микроскопом и системой вторично-ионной масс-спектроскопией, имплантационного модуля фокусированных ионных пучков, модуля магнетронного нанесения покрытий, модуля плазмохимического травления, радиального транспортного модуля, а также вспомогательных модулей – модуля загрузки и хранения образцов и модуля переворота и передачи образцов.

**Тема 3. "Электровакуумные установки для промышленных нанотехнологий".** Назначение и устройство: установки ионного легирования и формирования защитных покрытий пучково-плазменными методами на различных изделиях машиностроения с целью повышения их коррозионной стойкости, износостойкости, термостойкости и устойчивости к усталостным нагрузкам; установки для формирования термобарьерных покрытий для конструкционных материалов и изделий машиностроения и нефтегазовой отрасли; установка ионного форматирования для создания различных конструктивных микро- и наноэлементов на поверхностях деталей машин и приборов, а также установка обратного резерфордского рассеяния (РОР) для измерения распределения элементов по толщине покрытия.

**Тема 4. "Дуговые источники плазмы и применение плазменных ускорителей в нанотехнологиях".** Применение вакуумно-дугового разряда для нанесения покрытий, устройство дугового источника плазмы и принцип его работы, торцевые холловские плазменные ускорители, конструкции плазменных ускорителей и их применение в промышленных технологиях по обработке поверхности конструкционных материалов.

**Тема 5. "Магнетронные системы распыления".** Параметры МРС с возбуждением на постоянном токе. Конструктивные схемы магнетронных систем распыления. Повышение коэффициента использования материала мишени. Конструкции магнетронных распылительных систем с переменным магнитным полем. Плазменное осаждение металлических покрытий. Примеры нанесения покрытий магнетронным распылением в промышленности.

**Тема 6. "Пучковые технологии для обработки материалов".** Пучковые технологии при ионно-вакуумной обработке материалов. Преимущества и особенности пучковых технологий. Конструкции ионных источников. Дуоплазмотрон – источник ионов водорода. Конструктивная схема источника ионов газа. Инжектор на базе ионного источника с холодным магнетронным катодом и магнитным сжатием плазмы. Источник смешанных пучков ионов металлов и газов. Источник распылительного типа с холодным катодом. Вакуумно-дуговой источник ионов металлов с генератором плазмы магнетронной конфигурации.

**Тема 7. "Создание термозащитных покрытий лопаток и узлов газотурбинного двигателя газоперекачивающих станций".** Наноразмерные износостойкие покрытия на элементах ловильного инструмента и буровых установок, термостойкие покрытия на лопатках газотурбинного двигателя, антикоррозионные покрытия на трубной продукции, создание наноструктурированных термобарьерных слоев.

**Тема 8. "Исследование кернов, получаемых при разведке нефтяных месторождений".** Пробоподготовка образца керна, шлифовка поверхности, утонение. Напыление на пробу керна проводящей пленки для стекания электронов с поверхности и уменьшения засветки изображения, полученного на электронном микроскопе. Элементный и количественный анализ керна методом растровой электронной микроскопии. Определение содержания бора в керне, свидетельствующее о насыщенности добываемой нефти.

**Тема 9. "Создание стекловолоконистых катализаторов для утилизации жидких углеводородных отходов и шламов".** Изготовление высокоэффективных стекловолоконистых катализаторов нанесения тонких пленок оксидов переходных металлов на основе методов магнетронного распыления, атомно-слоевого осаждения, термического

окисление и т.д. Представлены преимущества магнетронного метода над другими альтернативными. Обоснование применения магнетронного распыления в качестве промышленного метода изготовления катализаторов на основе стекловолокнистых носителей, предназначенных для экологически чистой утилизации жидких углеводородных отходов и шламов с уменьшением газовых выбросов при возможной дальнейшей переработке.

### **Темы практических занятий:**

**Тема 1. Получение металлического тонкопленочного покрытия в магнетронном модуле.** Цель работы: Освоение метода магнетронного распыления и создание с его помощью тонкопленочных покрытий. Задачи: Изучение устройства и принципа действия магнетронного модуля. Освоение порядка выполнения технологических операций по изготовлению тонких пленок методом магнетронного распыления на магнетронном модуле. Получение экспериментальной ВАХ разряда магнетронной системы и ее анализ. Получение образцов металлической пленки при использовании в качестве мишени титанового и алюминиевого катодов. Исследование топологии поверхности и элементного состава пленки на электронном микроскопе.

**Тема 2. "Изготовление мемристорного наноматериала из оксида металла в реактивной среде магнетрона".** Цель работы: Получение тонкой пленки диоксида титана при реактивном магнетронном распылении. Задачи: Создание условий магнетронного разряда в условиях реактивной среды. Изучение процесса «отравления» магнетронного катода. Изучение методов стабилизации процесса реактивного магнетронного распыления. Получение кривой гистерезиса парциального давления реактивного газа при магнетронном распылении. Получение образца пленки диоксида титана в кислородной среде при использовании в качестве мишени титанового катода. Исследование топологии поверхности и элементного состава пленки на диоксида титана электронном микроскопе.

**Тема 3. "Получение оптического тонкопленочного материала из нитрида кремния в магнетронном модуле".** Цель работы: Получение тонкой пленки нитрида кремния при реактивном магнетронном распылении. Задачи: Создание условий магнетронного разряда в условиях реактивной среды. Изучение процесса «отравления» магнетронного катода. Изучение методов стабилизации процесса реактивного магнетронного распыления. Получение кривой гистерезиса парциального давления реактивного газа при магнетронном распылении. Получение образца пленки диоксида титана в кислородной среде при использовании в качестве мишени титанового катода. Исследование топологии поверхности и элементного состава пленки на диоксида титана электронном микроскопе.

**Тема 4. "Измерение толщины и показателя преломления пленки на интерферометре."** Цель работы. Изучение методики измерения толщины и показателя преломления тонких пленок интерференционным методом на интерферометре МИИ-4. Задачи: Изучение устройства интерферометра МИИ-4. Измерение толщины тонких пленок. Измерение показателя преломления прозрачных пленок.

**Тема 5. "Технология физического травления ионным пучком в модуле ФИП".** Цель работы. Изучение метода распыления поверхности материала ионным пучком галлия. Задачи: Изучение устройства модуля травления ФИП «НаноФаб-100». Проведение сканирования ионным пучком поверхности материала. Проведение процесса физического травления ионным пучком поверхности материала.

**Тема 6. "Наблюдение процесса. Травления с помощью РЭМ в модуле ФИП".** Цель работы: Изучение метода сканирования поверхности образца с помощью растрового электронного микроскопа. Задачи: Изучение устройства колонны РЭМ в модуле фокусированных ионных пучков (ФИП). Подготовка электронной пушки и колонны РЭМ к работе. Проведение процесса сканирования поверхности с помощью РЭМ в процессе травления образца в модуле ФИП.

**Тема 7. "Исследование элементного состава тонкой пленки методом Вторичной Ионной Масс-Спектрометрии (ВИМС)".** Цель работы: Изучение метода имплантации ионов Au в кремниевую подложку. Задачи: Изучение устройства вторично- ионного масс-спектрометра в модуле фокусированных ионных пучков (ФИП). Изучение системы управления движением ионов. Проведение съемки распределения ионов по энергиям (РИЭ) для двух масс ионов, а также сканирование по массе.

**Тема 8. "Травление материала в плазмохимическом модуле".** Цель работы: Изучение метода «сухого травления» и очистки поверхности металла и диэлектрика. Задачи: Изучение устройства плазмохимического модуля. Проведение процесса очистки поверхности металла и диэлектрика. Проведение процесса «сухого травления» поверхности металла.

**Тема 9. "Исследование процесса внедрения ионов галлия в кремниевую подложку в имплантационном модуле".** Цель работы: Изучение метода имплантации ионов галлия в кремниевую подложку. Задачи: Изучение устройства имплантационного модуля. Проведение процесса имплантации при разных значениях энергии пучка. Исследование глубинного распределения имплантированной примеси в зависимости от энергии пучка на электронном микроскопе.

## 5. Учебно-методическое обеспечение и планирование самостоятельной работы обучающихся

Таблица 4

№ Темы	Темы	Формы СРС, включая требования к подготовке к занятиям
	6 семестр	
1	Современное оборудование для пучково-плазменных технологий	Чтение обязательной и дополнительной литературы
2	Получение металлического тонкопленочного покрытия в магнетронном модуле	Проработка лекций
3	Нанотехнологический комплекс «НаноФаб-100»	Чтение обязательной и дополнительной литературы
4	Изготовление мемристорного наноматериала из оксида металла в реактивной среде магнетрона	Проработка лекций
5	Электровакуумные установки для промышленных нанотехнологий	Чтение обязательной и дополнительной литературы
6	Получение оптического тонкопленочного материала из нитрида кремния в магнетронном модуле	Проработка лекций
7	Дуговые источники плазмы и применение плазменных ускорителей в нанотехнологиях	Чтение обязательной и дополнительной литературы
8	Измерение толщины и показателя преломления пленки на интерферометре	Проработка лекций
9	Магнетронные системы распыления	Чтение обязательной и дополнительной литературы
10	Технология физического травления ионным пучком в модуле ФИП	Проработка лекций

11	Пучковые технологии для обработки материалов	Чтение обязательной и дополнительной литературы
12	Наблюдение процесса травления с помощью РЭМ в модуле ФИП	Проработка лекций
13	Создание термозащитных покрытий лопаток и узлов газотурбинного двигателя газоперекачивающих станций	Чтение обязательной и дополнительной литературы
14	Исследование элементного состава тонкой пленки методом Вторичной Ионной Масс-Спектрометрии (ВИМС)	Проработка лекций
15	Исследование кернов, получаемых при разведке нефтяных месторождений	Чтение обязательной и дополнительной литературы
16	Травление материала в плазмохимическом модуле	Проработка лекций
17	Создание стекловолокнистых катализаторов для утилизации жидких углеводородных отходов и шламов	Чтение обязательной и дополнительной литературы
18	Исследование процесса внедрения ионов галлия в кремниевую подложку в имплантационном модуле	Проработка лекций

## 6. Промежуточная аттестация по дисциплине

### 6.1 Оценочные материалы для проведения промежуточной аттестации по дисциплине

Форма проведения промежуточной аттестации по дисциплине – дифференцированный зачет в виде собеседования.

Обучающиеся, не набравшие 61 балла в течении семестра, или не согласные с оценкой, полученной по итогам текущего контроля в семестре, проходят промежуточную аттестацию в форме дифференцированного зачета.

При проведении промежуточной аттестации результаты, полученные обучающимся в семестре, переводятся в формат традиционной оценки в соответствии со шкалой перевода баллов:

- 60 баллов и менее – «неудовлетворительно»;
- от 61 до 75 баллов – «удовлетворительно»;
- от 76 до 90 баллов – «хорошо»;
- от 91 до 100 баллов – «отлично».

Студент, не выполнивший контрольную работу и/или пропустивший более 50% практических занятий без уважительной причины считается не освоившим дисциплину и не может получить положительную оценку на дифференцированном зачете.

#### ***Вопросы к контрольной работе:***

1. Технология изготовления металлического тонкопленочного покрытия в магнетронном модуле.
2. Технология изготовления тонкой пленки из оксида металла в реактивной среде магнетрона.

3. Технология изготовления оптического тонкопленочного материала из нитрида кремния в магнетронном модуле.
4. Устройство интерферометра МИИ-4 и методы измерения толщины и показателя преломления пленки.
5. Технология физического травления ионным пучком в модуле ФИП.
6. Изображение поверхности пленки с помощью РЭМ при ионном травлении в модуле ФИП.
7. Исследование элементного состава тонкой пленки методом Вторичной Ионной Масс-Спектрометрии (ВИМС)
8. Структурный и массовый анализ кернов, полученных при разведке нефтяных месторождений.
9. Технология травления материала в плазмохимическом модуле.
10. Технология изготовления металлизированного покрытия на стекловолоконистую подложку и создание катализаторов для утилизации жидких углеводородных отходов и шламов.
11. Технология ионной имплантации ионов галлия в кремниевую подложку в имплантационном модуле.

**Вопросы для подготовки к дифференцированному зачету:**

1. Преимущества кластерного вакуумного оборудования по сравнению с модульным оборудованием.
2. Классификация вакуумного оборудования, использующего пучково-плазменные технологии, в зависимости от силы тока заряженных частиц.
3. Назначение и устройство основных модулей нанотехнологического комплекса (НТК) «НаноФаб-100».
4. Основные типы электровакуумных установок для промышленных нанотехнологий.
5. Назначение и устройство дуговых источников плазмы. Применение плазменных ускорителей в нанотехнологиях.
6. Назначение и устройство магнетронных систем распыления.
7. Отличия магнетронного нанесения покрытий от альтернативных методов.
8. Технология физического травления ионным пучком.
9. Технология ионной имплантации. Ее отличия от альтернативных методов легирования материалов.
10. Использование растрового электронного микроскопа (РЭМ) для измерения распределения концентрации элементов по толщине пленки.
11. Назначение и состав измерительного устройства вторичной ионной масс-спектрометрии (ВИМС).
12. Технология изготовления термозащитных покрытий лопаток и узлов газотурбинного двигателя газоперекачивающих станций.
13. Техника измерения структуры и элементного состава кернов, получаемых при разведке нефтяных месторождений.
14. Технология изготовления стекловолоконистых катализаторов для утилизации жидких углеводородных отходов и шламов.

**6.3. Критерии оценивания компетенций:**

Таблица 5

**Карта критериев оценивания компетенций**

№ п/п	Код и наименование компетенции	Оценочные материалы	Критерии оценивания
1	ПК-1: способность	1.Контрольная работа;	<b>Пороговый уровень освоения ОП</b>

<p>использовать специализированные знания в области физики для освоения профильных физических дисциплин.</p> <p>ПК-2: способность проводить научные исследования в избранной области экспериментальных и (или) теоретических физических исследований с помощью современной приборной базы (в том числе сложного физического оборудования) и информационных технологий с учетом отечественного и зарубежного опыта.</p>	<p>2. Вопросы к контрольной работе;</p> <p>3. Вопросы к диф. зачету.</p>	<p><b>(удовл.):</b>  <b>Знает:</b> – специализированные разделы физики для освоения профильных физических дисциплин; промышленные электровакуумные установки для создания функциональных покрытий конструкционных материалов,  <b>Умеет:</b> – исследовать топологию поверхности, структуру и элементный состав полученной пленки.  <b>Владеет:</b> – методами электронной и зондовой микроскопии для исследования полученных покрытий</p> <p><b>Базовый уровень (хор.):</b>  <b>Знает:</b> – специализированные разделы физики для освоения профильных физических дисциплин; промышленные электровакуумные установки для создания функциональных покрытий конструкционных материалов, – пучково-плазменные технологии, используемые на этих установках для создания термозащитных и антикоррозионных покрытий на элементы конструкций нефтегазовой отрасли.  <b>Умеет:</b> – исследовать топологию поверхности, структуру и элементный состав полученной пленки.  <b>Владеет:</b> – основными пучково-плазменными методами, предназначенными для формирования функциональных покрытий, – методами электронной и зондовой микроскопии для исследования полученных покрытий.</p> <p><b>Повышенный уровень (отл.):</b>  <b>Знает:</b> – специализированные разделы физики для освоения профильных физических дисциплин; промышленные электровакуумные установки для создания функциональных покрытий конструкционных материалов, – пучково-плазменные технологии, используемые на этих установках для создания термозащитных и антикоррозионных покрытий на элементы конструкций нефтегазовой отрасли.</p>
--	--	--



			<p><b>Умеет:</b> – нанести тонкую пленку на подложку с помощью магнетронного распыления катодной мишени, – исследовать топологию поверхности, структуру и элементный состав полученной пленки.</p> <p><b>Владеет:</b> – навыками эксплуатации серийных технологических и аналитических модулей, использующих пучково-плазменные технологии, – основными пучково-плазменными методами, предназначенными для формирования функциональных покрытий, – методами электронной и зондовой микроскопии для исследования полученных покрытий.</p>
--	--	--	--

## 7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

### 7.1 Основная литература:

1. Удовиченко С.Ю. Пучково-плазменные технологии для создания материалов и устройств микро- и нанoeлектроники: учебное пособие // Изд-во ТюмГУ, 2016. - 228 с.; ISBN 978-5-400-01349-2; Электрон. версия печ. публикации. - Режим доступа : [https://library.utmn.ru/dl/PPS/Udovichenko\\_530\\_UP\\_2016.pdf](https://library.utmn.ru/dl/PPS/Udovichenko_530_UP_2016.pdf) (26.11.2020)

### 7.2 Дополнительная литература:

1. Витязь, П.А. Основы нанотехнологий и наноматериалов : учебное пособие / П.А. Витязь, Н.А. Свидуневич. - Минск : Вышэйшая школа, 2010. - 304 с. - ISBN 978-985-06-1783-5 ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://www.iprbookshop.ru/20108.html> (26.11.2020)

2. Технологии конструкционных наноструктурных материалов и покрытий / под ред. Г.В. Малахова, П. . Витязь, К.А. Солнцев. - Минск : Белорусская наука, 2011. - 284 с. - ISBN 978-985-08-1292-6 ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://www.iprbookshop.ru/12322.html> (26.11.2020)

3. Неволин, В.К. Зондовые нанотехнологии в электронике : монография / В.К. Неволин. - Изд. 2-е, испр. - М. : Техносфера, 2014. - 174 с. : ил., схем., табл. - (Мир электроники). - Библиогр. в кн. - ISBN 978-5-94836-382-0; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://www.iprbookshop.ru/26894.html> (30.05.2020)

### 7.3 Интернет-ресурсы:

1. Азаренков Н.А. Наноматериалы, нанопокрyтия, нанотехнологии. Учебное пособие. / Н.А. Азаренков, В.М. Береснев, А.Д. Погребняк и др. –Харьков: ХНУ им. В.Н. Каразина, 2009, - 209 с. - URL: [https://ftfsite.ru/wp-content/files/azarenkov\\_n\\_a\\_beresnev\\_v\\_m\\_pogreb.pdf](https://ftfsite.ru/wp-content/files/azarenkov_n_a_beresnev_v_m_pogreb.pdf) (26.11.2020)

2. Антоненко, С.В. Технология наноструктур : учебное пособие / С.В. Антоненко. - М. : МИФИ, 2008. - 116 с. - ISBN 978-5-7262-0947-0; [Электронный ресурс]. - URL: <https://studfile.net/preview/412039/> (26.11.2020)

## **8. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине**

Для проведения занятий по дисциплине «Вакуумная техника и технологии» специальное программное обеспечение не требуется.

В случае дистанционной формы обучения рекомендуется использовать Microsoft Teams.

## **9. Технические средства и материально-техническое обеспечение дисциплины**

Для проведения лекционных занятий требуется аудитория, рассчитанная на 10 человек, оборудованная мультимедийными средствами, а также меловой или интерактивной доской.

Для проведения практических занятий требуется специальная лаборатория пучково-плазменных технологий НОЦ "Нанотехнологии".

### **Список оборудования для проведения практических занятий:**

1. Магнетронный модуль Нанотехнологического комплекса (НТК) «НаноФаб-100».
2. Модуль фокусированных ионных пучков (ФИП) НТК «НаноФаб-100».
3. Растровый электронный микроскоп (РЭМ) модуля ФИП.
4. Устройство вторично-ионной масс-спектрографии (ВИМС) модуля ФИП.
5. Имплантационный модуль НТК «НаноФаб-100».
6. Модуль плазмохимического травления НТК «НаноФаб-100».
7. Интерферометр МИИ-4.

ФГАОУ ВО «Тюменский государственный университет»

УТВЕРЖДЕНО

Заместителем директора

Физико-технического института

Крековым С.А.

РАЗРАБОТЧИК

Писарев А.Д.

ЭЛЕКТРОНИКА МИКРОПРОЦЕССОРНЫХ СИСТЕМ

Рабочая программа

для обучающихся по направлениям подготовки

03.03.02 Физика, для всех профилей направления подготовки;

16.03.01 Техническая физика, для всех профилей направления подготовки;  
форма обучения очная

Писарев А. Д., Электроника микропроцессорных систем. Рабочая программа для обучающихся по направлениям 03.03.02 Физика, для всех профилей направления подготовки; 16.03.01 Техническая физика, для всех профилей направления подготовки, форма обучения очная, Тюмень, 2022.

Рабочая программа дисциплины опубликована на сайте ТюмГУ: Электроника микропроцессорных систем [электронный ресурс] / Режим доступа: <https://www.utmn.ru/sveden/education/#>.

Рабочая программа дисциплины включает следующие разделы:

## 1. Пояснительная записка

**Целью дисциплины:** является теоретическая и практическая подготовка специалистов в области обработки цифровых и аналоговых сигналов с помощью современных средств электроники и микропроцессорной техники.

**Задачи дисциплины:**

- Освоение современной элементной базы дискретной и интегральной электроники;
- Формирование умения оценивать возможности применения электронных компонентов и микропроцессорных устройств на основе понимания принципов их работы;
- Получение навыков анализа работы электронных схем, содержащих микропроцессоры;
- Формирования навыков программирования микропроцессорных систем;
- Формирование у студентов основных знаний, навыков и умений, позволяющих осуществлять разработку и эксплуатацию аналоговых и цифровых электронных схем.

### 1.1. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Данная дисциплина входит в блок Б1 Дисциплины и относится к дисциплинам по выбору вариативной части. Содержание курса «Электроника микропроцессорных систем» базируется на знаниях, приобретенных

при изучении следующих дисциплин: «Электричество и магнетизм» курса общей физики, «Радиофизика». Математической основой курса являются разделы «Математический анализ», «Дифференциальные уравнения».

### 1.2. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения данной дисциплины

Таблица 1

Код и наименование компетенции (из ФГОС ВО)	Компонент (знаниевый/функциональный)
ПК-1: способность использовать специализированные знания в области физики для освоения профильных физических дисциплин;	<p><b>Знает</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>– основные компоненты цифровой и микропроцессорной электроники;</li><li>– особенности архитектуры и функциональное устройство типовых микропроцессоров;</li><li>– принципы работы современных интерфейсов и периферийных блоков микропроцессоров.</li></ul> <p><b>Умеет</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>– применять аналоговые и цифровые электронные устройства в технике измерения и обработке сигналов;</li><li>– работать с контрольно-измерительными приборами, применяемыми для разработки микропроцессорных систем.</li></ul>

<p>ПК-2: способность проводить научные исследования в избранной области экспериментальных и (или) теоретических физических исследований с помощью современной приборной базы (в том числе сложного физического оборудования) и информационных технологий с учетом отечественного и зарубежного опыта</p>	<p><b>Знает</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– базовые приёмы конструирования, монтажа и наладки электронных устройств, содержащих компоненты цифровой электроники, в том числе микропроцессоры;</li> <li>– базовые приёмы низкоуровневого программирования микропроцессоров;</li> <li>– правила разработки электрических цепей, содержащих цифровые и аналоговые интегральные микросхемы;</li> <li>– принципы отладки микропроцессорных программ в интегрированных средах.</li> </ul> <p><b>Умеет</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– разрабатывать схемотехнику электронных устройств, содержащих микропроцессоры;</li> <li>– применять на практике интегрированные среды разработки и языки программирования микропроцессорных систем.</li> </ul>
--	---

## 2. Структура и трудоемкость дисциплины

Таблица 2

Вид учебной работы		Всего часов (академические часы)	Часов в семестре (академические часы)
			6
<b>Общий объем</b>	зач. ед.	5	5
	час	180	180
Из них:			
<b>Часы аудиторной работы (всего):</b>		68	68
Лекции		34	34
Практические занятия		0	0
Лабораторные / практические занятия по подгруппам		34	34
<b>Часы внеаудиторной работы, включая самостоятельную работу обучающегося</b>		112	112
Вид промежуточной аттестации (зачет, диф. зачет, экзамен)			Экзамен

## 3. Система оценивания

Оценивание знаний, умений и навыков студентов, полученных ими в ходе изучения дисциплины, производится в соответствии с «Положением о текущем контроле успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Тюменский государственный университет» (утверждено Решением Ученого совета от 31.08.2020, протокол №10).

Форма проведения промежуточной аттестации по дисциплине – экзамен в виде собеседования. Оценочная система дисциплины является балльно-рейтинговой с максимум 100 баллов.

На лабораторных занятиях студент оценивается от 1 до 10 баллов за каждую выполненную лабораторную работу. К экзамену допускаются студенты, выполнившие все лабораторные работы и набравшие в течение семестра 61 балл и более.

На экзамене студент может получить оценку автоматом в соответствии с набранными баллами или дополнительно заработать баллы, показав свои знания ответами на экзаменационные вопросы.

Соответствие итоговой суммы баллов и оценок: более 61 балл - удовлетворительно или более 76 балл - хорошо или более 91 балл - отлично.

Студент, пропустивший более 50% занятий без уважительной причины, считается не освоившим дисциплину и не может сдать экзамен.

#### 4. Содержание дисциплины

##### 4.1. Тематический план дисциплины

Таблица 3

№ п/п	Наименование тем и/или разделов	Объем дисциплины, час.				Иные виды контактной работы
		Всего	Виды аудиторной работы (академические часы)			
			Лекции	Практические занятия	Лабораторные/практические занятия по подгруппам	
1	2	3	4	5	6	7
1.	Введение в предмет. Общие сведения о технологии изготовления электронной аппаратуры и полупроводниковых микро- и нанoeлектронных компонентов. Классификация электронных компонентов по функциональности и степени интеграции. Современные направления развития микросистемной техники	2	2	0	0	

2.	<p>Основные понятия цифровой логики. Таблицы истинности базовых цифровых функции: инверсия (НЕ), конъюнкция (И), дизъюнкция (ИЛИ), исключающее «ИЛИ», стрелка Пирса (ИЛИ-НЕ), штрих Шеффера (И-НЕ). Закон двойного отрицания, дистрибутивность, закон де Моргана. Транзисторные реализации логических функций.</p>	2	2	0	0	
3.	<p>Лабораторная работа 1. Исследование логических элементов</p>	2	0	0	2	
4.	<p>Комбинационная логика. Нормальные формы в логике. Применение комбинационных цифровых интегральных микросхем малой и средней степени интеграции. Декодер, мультиплексор, сумматор.</p>	2	2	0	0	
5.	<p>Последовательная логика. Базовое устройство триггеров на примере RS-триггера. Типы синхронных, асинхронных, статических и динамических триггеров.</p>	2	2	0	0	



6.	Лабораторная работа 2. Исследование цифрового триггера и счетчика	4	0	0	4	
7.	Программируемая логика. Счётчики и регистры, в том числе, как базовые компоненты программируемых цифровых микросхем сверхвысокой степени интеграции. Арифметико-логическое устройство (АЛУ).	2	2	0	0	
8.	Основные определения микропроцессорной техники. Понятия конечного автомата и машины Тьюринга в теории алгоритмов. Классификация микропроцессоров (МП) и микроконтроллеров (МК). Функциональное устройство и принцип работы типового МП.	2	2	0	0	
9.	Лабораторная работа 3. Исследование двоичного сумматора.	4	0	0	4	
10.	Понятие интегрированной среды разработки микропроцессорной техники. Краткая характеристика основных программных модулей и функций.	2	2	0	0	

11.	Архитектура микропроцессора. Организация памяти. Система электрического питания и сброса, модуль тактирования. Счётчик команд, система команд и регистр статуса.	2	2	0	0	
12.	Лабораторная работа 4. Изучение интегрированной среды разработки микропроцессорной техники.	4	0	0	4	
13.	Базовые блоки микроконтроллера. Устройство цифрового ввода-вывода данных. Программирование ввода-вывода цифрового сигнала.	2	2	0	0	
14.	Основные периферийные модули микроконтроллера. Таймер, счётчик, АЛУ. Принцип программирования периферийных модулей.	2	2	0	0	
15.	Лабораторная работа 5. Программирование ввода-вывода цифрового сигнала.	4	0	0	4	
16.	Система прерываний микроконтроллера. Программирование модуля прерываний.	2	2	0	0	
17.	Классификация, устройство и области применения стандартных интерфейсов передачи данных.	2	2	0	0	

	Программирование стандартных интерфейсов передачи данных UART, I2C, SPI.					
18.	Лабораторная работа 6. Программирование модуля прерываний.	4	0	0	4	
19.	Основные понятия спектральной теории сигналов. Классификация шумов, явление наводки напряжения и электромагнитные помехи.	2	2	0	0	
20.	Изучение аналого-цифровых преобразователей (АЦП) и цифро-аналоговых преобразователей (ЦАП). Классификация, устройство и принцип работы микросхем для цифро-аналогового и аналого-цифрового преобразования.	2	2	0	0	
21.	Лабораторная работа 7. Программирование стандартных интерфейсов передачи данных	4	0	0	4	
22.	Операционные усилители и компараторы аналоговых сигналов. Внутреннее устройство и правила работы операционных усилителей. Основные электрические	2	2	0	0	

	схемы на основе операционных усилителей.					
23.	Понятие спектра электрических сигналов. Фурье преобразования. Активные фильтры аналоговых сигналов на операционных усилителях. Шумы и помехи в электрических цепях.	2	2	0	0	
24.	Лабораторная работа 8. Изучение АЦП.	4	0	0	4	
25.	Основные понятия, характеризующие аналого-цифровые преобразования. Методы цифровой обработки и фильтрации сигналов.	2	2	0	0	
26.	Лабораторная работа 9. Изучение ЦАП и ШИМ.	4	0	0	4	
	Итого (часов)	68	34	0	34	

## 4.2. Содержание дисциплины по темам

### *Темы лекционных занятий:*

#### **Модуль 1 (Цифровая электроника)**

##### *Тема 1.1*

Введение. Общие сведения о технологии изготовления электронной аппаратуры и полупроводниковых микро- и нанoeлектронных компонентов. Классификация электронных компонентов по функциональности и степени интеграции.

##### *Тема 1.2*

Основные понятия цифровой логики. Таблицы истинности базовых цифровых функции: инверсия (НЕ), конъюнкция (И), дизъюнкция (ИЛИ), исключающее «ИЛИ». Законы логики. Нормальные формы в логике.

##### *Тема 1.3*

Транзисторные реализации функций: инверсия (НЕ), стрелка Пирса (ИЛИ-НЕ), штрих Шеффера (И-НЕ). Разновидности цифровых логических микросхем: ДТЛ, ТТЛ, ТТЛШ, МДП, КМОП, ЭСЛ. Понятие комбинационная логика.

##### *Тема 1.4*

Применение комбинационных цифровых интегральных микросхем малой и средней степени интеграции. Декодер, мультиплексор, сумматор.

### *Тема 1.5*

Последовательностная логика. Базовое устройство триггеров на примере RS-триггера. Типы синхронных, асинхронных, статических и динамических триггеров.

### *Тема 1.6*

Счётчики и регистры, в том числе, как базовые компоненты программируемых цифровых микросхем сверхвысокой степени интеграции. Арифметико-логическое устройство (АЛУ). Программируемые вентиляльные матрицы (FPGA).

## ***Модуль 2 (Основы микропроцессорной техники)***

### *Тема 2.1*

Основные определения микропроцессорной техники. Понятия конечного автомата и машины Тьюринга в теории алгоритмов. Классификация микропроцессоров (МП) и микроконтроллеров (МК). Процесс фон Неймана. Понятие архитектуры микропроцессора. CISC, RISC, MISC, ARM. Гарвардская и фон-Неймана архитектура. Функциональное устройство и принцип работы типового МП. Понятие «интегрированная среда разработки» (IDE) для программирования микропроцессорной техники.

### *Тема 2.2*

Понятия электрической мощности МК. Система электрического питания и сброса, модуль тактирования. Организация памяти и способы адресации. Регистры общего и специального назначения: счётчик команд, аккумулятор, регистр статуса, система команд. Устройство цифрового ввода-вывода данных.

### *Тема 2.3*

Базовые периферийные модули МК: таймер/счётчик. Система прерываний. Указатель стека.

### *Тема 2.4*

Классификация и применение стандартных интерфейсов передачи данных. Работа встроенных модулей интерфейсов UART, I2C, SPI.

### *Тема 2.5*

Программирование встроенных периферийных устройств ввода/вывода сигналов: аналого-цифровой преобразователь, цифро-аналоговый преобразователь. Назначение и принцип работы ШИМ.

### *Тема 2.6*

Обзор высокоуровневых языков программирования МК и МП. Примеры применения простой микропроцессорной системы для сбора и обработки информации. Интегральные схемы специального назначения (ASIC).

## ***Модуль 3 (Теория и практика обработки сигналов)***

### *Тема 3.1*

Основные понятия спектральной теории сигналов. Преобразование Фурье. Спектры периодических и непериодических сигналов. Понятие о дискретизации и квантовании сигналов, теорема Котельникова–Найквиста. Классификация шумов: тепловой, дробовой и 1/f-шум, другие виды шумов. Явление наводки напряжения и электромагнитные помехи.

### *Тема 3.2*

Операционные усилители и компараторы аналоговых сигналов.

### *Тема 3.3*

Активные фильтры аналоговых сигналов на операционных усилителях.

### *Тема 3.4*

Типовые схемы обработки сигналов на базе аналоговых интегральных схем. Современные условия применения аналоговых интегральных микросхем для обработки сигналов.

### *Тема 3.5*

Классификация, устройство и принцип работы микросхем для цифро-аналогового и аналого-цифрового преобразования.

### *Тема 3.6*

Методы цифровой обработки и фильтрации сигналов. Цифровые сигнальные процессоры (DSP).

### **Темы лабораторных работ**

- 1) Исследование логических элементов.
- 2) Исследование цифрового триггера и счетчика.
- 3) Исследование двоичного сумматора.
- 4) Изучение интегрированной среды разработки микропроцессорной техники.
- 5) Программирование ввода-вывода цифрового сигнала.
- 6) Программирование модуля прерываний.
- 7) Программирование стандартных интерфейсов передачи данных.
- 8) Изучение АЦП.
- 9) Изучение ЦАП и ШИМ.

### **5. Учебно-методическое обеспечение и планирование самостоятельной работы обучающихся**

Таблица 4

№ Темы	Темы	Виды СРС
	7 семестр	
	Электроника микропроцессорных систем	
1	Введение в предмет «Электроника микропроцессорных систем».	Проработка лекций. Чтение обязательной и дополнительной литературы.
2	Основные понятия цифровой логики.	Проработка лекций. Чтение обязательной и дополнительной литературы.
3	Транзисторные реализации логических функций. Комбинационная логика.	Подготовка к получению допуска и выполнению лабораторной работы.
4	Область применения комбинационных цифровых интегральных микросхем малой и средней степени интеграции.	Проработка лекций. Чтение обязательной и дополнительной литературы.
5	Типы триггеров. Последовательностная логика.	Проработка лекций. Подготовка к получению допуска и выполнению лабораторной работы.
6	Счётчики и регистры. Арифметико-логическое устройство (АЛУ).	Проработка лекций. Подготовка к получению допуска и выполнению лабораторной работы.
7	Основные определения микропроцессорной техники.	Проработка лекций. Чтение обязательной и дополнительной литературы.

8	Архитектура МК и интегрированная среда разработки.	Проработка лекций. Чтение обязательной и дополнительной литературы. Подготовка к получению допуска и выполнению лабораторной работы.
9	Базовые периферийные модули МК.	Проработка лекций. Подготовка к получению допуска и выполнению лабораторной работы.
10	Классификация и применение стандартных интерфейсов передачи данных.	Проработка лекций. Подготовка к получению допуска и выполнению лабораторной работы
11	Программирование встроенных периферийных модулей ввода-вывода сигналов.	Проработка лекций. Подготовка к получению допуска и выполнению лабораторной работы.
12	Обзор высокоуровневых языков программирования МК и МП	Проработка лекций. Чтение обязательной и дополнительной литературы.
13	Основные понятия спектральной теории сигналов.	Проработка лекций. Чтение обязательной и дополнительной литературы.
14	Операционные усилители и компараторы аналоговых сигналов.	Проработка лекций. Чтение обязательной и дополнительной литературы.
15	Фильтры аналоговых сигналов.	Проработка лекций. Чтение обязательной и дополнительной литературы.
16	Типовые схемы на базе аналоговых интегральных схем.	Проработка лекций. Чтение обязательной и дополнительной литературы.
17	Классификация, устройство и принцип работы микросхем для цифро-аналогового и аналого-цифрового преобразования.	Проработка лекций. Подготовка к получению допуска и выполнению лабораторной работы

## 6. Промежуточная аттестация по дисциплине

### 6.1 Оценочные материалы для проведения промежуточной аттестации по дисциплине

Форма проведения промежуточной аттестации по дисциплине – защиты лабораторных работ в виде собеседования.

К экзамену допускаются студенты, набравшие по итогам семестра количество баллов 61% от максимально возможного при усвоении дисциплины, соответствующее оценке «удовлетворительно».

Студент, не сдавший лабораторные работы и/или пропустивший более 50% практических занятий без уважительной причины считается не освоившим дисциплину и не может сдать экзамен.

## ***Примеры контрольных вопросов и заданий для защиты лабораторных работ:***

### *Лабораторная работа 1 (Исследование логических элементов)*

- Каков принцип действия транзисторного ключа?
- Какие виды логики вы знаете?
- Назовите основные преимущества и недостатки КМОП-логики по сравнению с ТТЛ.
- Перечислите основные параметры логических элементов.
- Приведите структурную схему логического элемента 2И-НЕ на основе ТТЛ и КМОП-логики.
- Составьте таблицы истинности для логических элементов И-НЕ, И, ИЛИ-НЕ, ИЛИ, НЕ, Исключающее ИЛИ.
- Нарисуйте схемные обозначения трехходовых логических элементов И-НЕ, И, ИЛИ-НЕ, ИЛИ, НЕ, Исключающее ИЛИ.
- Можно ли использовать логический элемент Исключающее ИЛИ в качестве элемента НЕ? Если да, то как; если нет, то почему?

### *Лабораторная работа 2 (Исследование цифрового триггера и счетчика)*

- Чем отличаются последовательностные схемы от комбинационных?
- Что называется триггером?
- Что означает термин «запрещенная комбинация» для RS -триггера?
- При каких комбинациях входных сигналов изменяется состояние RS -триггера?
- В каком положении устанавливается выход и JK -триггера после окончания синхронизирующего импульса для различных сочетаний сигналов J и K?
- Чем отличаются таблицы истинности RS и JK -триггера?
- Нарисуйте схему T-триггера, реализованную на базе JK -триггера.
- Нарисуйте схему D-триггера, реализованную на базе JK -триггера.
- На основе каких элементов строятся счетчики?
- Нарисовать схему двоичного четырехразрядного счетчика на базе JK -триггеров.
- Чем отличаются асинхронные счетчики от синхронных? Перечислить основные преимущества синхронных счетчиков по сравнению с асинхронными.
- Расскажите о форматах представления натуральных чисел в цифровой электронике.
- Сколько разрядов должен иметь двоичный счетчик, чтобы обеспечить возможность счета 64 импульсов.

### *Лабораторная работа 3 (Исследование двоичного сумматора)*

- Как выполняется операция суммирования на логическом уровне?
- Объясните принцип работы двоичного сумматора?
- Какую роль в схеме сумматора играет сигнал переноса?
- Показать область применения сумматора на примерах.

### *Лабораторная работа 4 (Изучение интегрированной среды разработки микропроцессорной техники)*

- Какие программные модули включает в себя интегрированная среда разработки?
- Как создать проект разработки программы для микропроцессора?
- Из чего состоит исходный файл программы?
- Что такое «дамп памяти»?
- Какую роль играют файлы HEX-формата?
- С какой применять средства профилирования (измерения скорости выполнения блоков кода)?



*Лабораторная работа 5 (Программирование ввода-вывода цифрового сигнала)*

- Дайте определение микропроцессора. В чем отличие между микропроцессором и логической интегральной схемой?
- Какие логические состояния может принимать порт микроконтроллера?
- Нарисовать схему устройства порта микроконтроллера.
- Что такое программный счётчик?
- Принцип выполнения программного кода микропроцессором. Ответ пояснить на примере.
- Как получить периодические прямоугольные импульсы на выходе микроконтроллера?
- Как управлять частотой прямоугольных импульсов?
- Приведите пример расчёта балластного резистора светодиода для подключения на выход микроконтроллера.

*Лабораторная работа 6 (Программирование модуля прерываний)*

- Какое практическое применения имеют прерывания в микроконтроллере?
- Объясните понятие маскирование, флаг и приоритет прерывания.
- Что такое таблица векторов прерывания?
- Какие значения принимает программный счётчик в процессе обработки прерывания?
- Стек. Виды, характеристики, назначение. Указатель стека.
- Какие функции и процедуры создаются при программировании прерывания?
- Приведите примеры программных ошибок, возникающих при написании кода обработчика прерываний.

*Лабораторная работа 7 (Программирование стандартных интерфейсов передачи данных)*

- Какое назначение имеют стандартные интерфейсы?
- Расскажите о форматах представления информационных данных.
- Как классифицируются стандартные интерфейсы?
- Какой принцип работы UART интерфейса на физическом и логическом уровнях?
- Какой принцип работы SPI интерфейса на физическом и логическом уровнях?
- Какой принцип работы I2C интерфейса на физическом и логическом уровнях?
- Приведите примеры коммуникационных протоколов.
- Как осуществляется контроль целостности передачи данных при применении стандартных интерфейсов?

*Лабораторная работа 8 (Изучение АЦП)*

- Классификация основных типов АЦП.
- Принцип работы АЦП прямого преобразования.
- Принцип работы АЦП последовательного приближения.
- Основные параметры АЦП.
- Расскажите о форматах представления натуральных, целых и вещественных чисел в микропроцессорной технике.

*Лабораторная работа 9 (Изучение ЦАП и ШИМ)*

- В чем отличие между аналоговыми и цифровыми сигналами? Каковы преимущества цифрового сигнала перед аналоговым? Каковы недостатки цифрового сигнала?
- Принцип работы ЦАП.
- Принцип работы ШИМ.
- Понятия: сигнал, помеха, шум. Спектр периодических и непериодических сигналов. Преобразование Фурье.

- Аналоговая обработка сигналов. Усилитель, интегратор, логарифматор, активный фильтр на операционных усилителях.
- Методы цифровой обработки и фильтрации сигналов.
- Привести отличия аналоговой и цифровой обработки сигналов.

**Вопросы для подготовки к экзамену:**

1. Предмет «Электроника микропроцессорных систем», история развития, общие понятия.
2. Базовые логические элементы: функциональное назначение, выполняемые операции, условное обозначение логических операций и таблицы состояния (истинности).
3. Конструктивные и схемотехнические типы цифровых ИМС, основные их характеристики.
4. Понятие комбинационной и последовательностной логики.
5. Типовые логические ИМС средней степени интеграции: триггер, счётчик, регистр, мультиплексор, декодер, АЛУ.
6. Программируемые вентильные матрицы (FPGA). Структура программы на языке VHDL.
7. Микроконтроллеры и микропроцессоры. Архитектура, принцип работы и область применения.
8. Примеры организации памяти микропроцессора. Память программ и память данных. Flash(флеш)-память. Регистры специального и общего назначения. Статическое и динамическое ОЗУ. Принципы построения запоминающих устройств. Способы адресации.
9. Понятие о системе команд микропроцессора. Формат команд микропроцессора. Система тактирования. Машинные циклы.
10. Периферийные модули микроконтроллера.
11. Алгоритмы вычисления сумм, разностей, произведений и отношений чисел в двоичной системе счисления. Особенности выполнения арифметических операций над двоичными числами с плавающей точкой.
12. Сигналы и системы. Классификация сигналов: аналоговые, детерминированные, случайные, псевдослучайные, дискретные, квантованные, цифровые, узкополосные и широкополосные.
13. Введение в спектральную теорию сигналов. Практические применения преобразования Фурье.
14. Аналоговая обработка сигналов. Математическая модель систем, черный ящик. Передаточная функция.
15. Аналого-цифровые и цифро-аналоговые преобразования.
16. Цифровые методы обработки сигналов.

**6.3. Критерии оценивания компетенций:**

Таблица 5

**Карта критериев оценивания компетенций**

Код и наименование компетенции	Оценочные материалы	Критерии оценивания
--------------------------------	---------------------	---------------------

<p>ПК-1: способность использовать специализированные знания в области физики для освоения профильных физических дисциплин;</p>	<p>1. Контрольные вопросы к лабораторным занятиям. 2. Вопросы к экзамену.</p>	<p><b>Пороговый уровень освоения ОП (удовл.):</b>  <b>Знает:</b> отдельную терминологию и символику электроники; отдельные параметры и принципы работы базовых функциональных элементов микропроцессорной техники; отдельные понятия теории сигналов.  <b>Умеет:</b> анализировать взаимодействие отдельных блоков микропроцессорной техники; применять отдельные математические методы анализа, расчета и программирования блоков электроники и микропроцессорной техники.</p> <p><b>Базовый уровень (хор.):</b>  <b>Знает:</b> основную терминологию и символику электроники; основные параметры и принципы работы базовых функциональных элементов микропроцессорной техники; основные понятия теории сигналов.  <b>Умеет:</b> использовать блоки электроники и микропроцессорной техники на основе понимания принципов их работы; применять основные математические методы анализа, расчета и программирования блоков электроники и микропроцессорной техники.</p> <p><b>Повышенный уровень (отл.):</b>  <b>Знает:</b> терминологию и символику электроники; параметры и принципы работы базовых функциональных элементов микропроцессорной техники; понятия теории сигналов.  <b>Умеет:</b> разрабатывать блоки электроники и микропроцессорной техники на основе понимания принципов их работы; применять математические методы анализа, расчета и программирования блоков электроники и микропроцессорной техники.</p>
--	---	---

<p>ПК-2: способность проводить научные исследования в избранной области экспериментальных и (или) теоретических физических исследований с помощью современной приборной базы (в том числе сложного физического оборудования) и информационных технологий с учетом отечественного и зарубежного опыта.</p>	<p>1. Контрольные вопросы к лабораторным занятиям. 2. Вопросы к экзамену.</p>	<p><b>Пороговый уровень освоения ОП (удовл.):</b> <b>Знает:</b> отдельные методы измерения физических величин на сложном физическом оборудовании с применением электроники и микропроцессорной техники. <b>Умеет:</b> частично проводить научные исследования с помощью микропроцессорной техники и измерительного оборудования для решения профессиональных задач.</p> <p><b>Базовый уровень (хор.):</b> <b>Знает:</b> ключевые методы измерения физических величин на сложном физическом оборудовании с применением электроники и микропроцессорной техники. <b>Умеет:</b> проводить основные научные исследования с помощью микропроцессорной техники и измерительного оборудования для решения профессиональных задач.</p> <p><b>Повышенный уровень (отл.):</b> <b>Знает:</b> основные методы и ключевые правила измерения физических величин на сложном физическом оборудовании с применением электроники и микропроцессорной техники. <b>Умеет:</b> выполнять базовую научную работу на сложном физическом оборудовании с применением электроники и микропроцессорной техники.</p>
---	---	--

## 7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

### 7.1 Основная литература:

1. Микушин, А.В. Цифровые устройства и микропроцессоры / А.В. Микушин. - СПб.: BHV, 2010. - 832 с.
2. Гусев, В.Г. Электроника и микропроцессорная техника (для бакалавров) / В.Г. Гусев, Ю.М. Гусев. - М.: КноРус, 2015. - 1247 с.
3. Хартов, В.Я. Микропроцессорные системы: Учебное пособие / В.Я. Хартов. - М.: Academia, 2017. - 320 с.
4. Остриков, А.Н. Основы микроэлектроники и микропроцессорной техники: Учебное пособие / А.Н. Остриков, М.И. Слюсарев, Е.Ю. Желтоухова. - СПб.: Лань, 2013. - 496 с.
5. Гатчин Ю.А., Ткалич В.Л., Виволанцев А.С., Дудников Е.А. Введение в микроэлектронику: Учебное пособие. - СПб: СПбГУ ИТМО, 2010. - 114 с.; То же [Электронный ресурс]. – URL: <http://window.edu.ru/resource/425/70425/files/itmo457.pdf> (09.02.2022)

## 7.2 Дополнительная литература:

1. Ноздрачев, А., Д. Технология и конструкция микросхем, микропроцессоров и микросборок: Учеб.пособие / А. Д. Ноздрачев, Е. Л. Поляков, В. А. Багаев. - СПб.: Лань П, 2016. - 400 с.
2. Лачин, Вячеслав Иванович. Электроника : учеб. пособие для студ. тех. вузов / В. И.Лачин, Н. С. Савёлов. - 4-е изд. - Ростов-на-Дону : Феникс, 2004. – 576 с.
3. Кучумов, Александр Иванович. Электроника и схемотехника: учеб. пособие для студ., обуч. по спец. "Компьютер. безопасность" и "Комплексное обеспечение информац. безопасности автоматизир. систем"/ А. И. Кучумов. - 2-е изд., перераб. и доп.. - Москва: Гелиос АРВ, 2004. - 336 с.
4. Джонс, Мартин Хартли. Электроника - практический курс: [учеб. пособие]/ М. Х. Джонс. - Москва: Постмаркет, 1999. - 528 с.
5. Каганов, В.И.. Радиотехнические цепи и сигналы : компьютеризированный курс: учеб. пособие для студ. вузов, обуч. по спец. "Радиотехника" / В. И. Каганов. - Москва : Форум. - [Б. м.] : Инфра-М, 2010. - 432 с.

## 7.3 Интернет-ресурсы:

1. Научная электронная библиотека [www.elibrary.ru](http://www.elibrary.ru). (09.02.2022)
2. Образовательные ресурсы «Единое окно» <http://window.edu.ru/window/library> (09.02.2022)
3. Книго-поиск. <http://www.knigo-poisk.ru> (09.02.2022)

## 8. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)

- Применение мультимедийного оборудования для проведения докладов-презентаций.
- Работа с Интернетом.
- Работа с информационным порталом ИБЦ ТюмГУ.

В случае дистанционной формы обучения рекомендуется использовать Microsoft Teams.

## 9. Технические средства и материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

Для проведения лекционных занятий требуется аудитория, рассчитанная на 15 человек и более, оборудованная мультимедийными средствами, а так же меловой или интерактивной доской.

Для проведения лабораторных работ требуется специальная лаборатория «Нано и микросистемной техники».

### Список оборудования для проведения практических занятий:

1. Универсальные стенды по микроэлектронике.
2. Осциллографы, мультиметры электрических величин.
3. Отладочные комплекты для микропроцессоров.
4. Компьютеры.

ФГАОУ ВО «Тюменский государственный университет»

УТВЕРЖДЕНО

Заместителем директора

Физико-технического института

Крековым С.А.

РАЗРАБОТЧИК

Удовиченко С.Ю.

НАНОМАТЕРИАЛЫ И НАНОДИАГНОСТИКА

Рабочая программа

для обучающихся по направлениям подготовки

03.03.02 Физика, для всех профилей направления подготовки;

16.03.01 Техническая физика, для всех профилей направления подготовки;  
форма обучения очная

Удовиченко С. Ю., Наноматериалы и нанодиагностика. Рабочая программа для обучающихся по направлениям 03.03.02 Физика, для всех профилей направления подготовки; 16.03.01 Техническая физика, для всех профилей направления подготовки, форма обучения очная, Тюмень, 2020.

Рабочая программа дисциплины опубликована на сайте ТюмГУ: Наноматериалы и нанодиагностика [электронный ресурс] / Режим доступа: <https://www.utmn.ru/sveden/education/#>.

Рабочая программа дисциплины включает следующие разделы:

## 1. Пояснительная записка

**Целью дисциплины:** является ознакомление студентов с возможностями нанотехнологий, с современными достижениями в этой области, с методами создания и контроля наноразмерных материалов. Особое внимание уделено конструкционным наноматериалам.

### **Задачи дисциплины:**

- познакомить студентов с основными понятиями нанотехнологий, наноэлементов и наноструктур;
- познакомить студентов с классификацией и с методами получения наноразмерных материалов;
- познакомить студентов с методами измерений микро- и наноструктур материалов;
- дать представление о модифицированных антикоррозионных и термобарьерных приповерхностных нанослоях конструкционных материалов;
- дать представление о фуллеренах, фуллеритах и нанотрубках;
- познакомить студентов с примерами применения наноматериалов и нанотехнологий в нефтегазовой промышленности, приборостроении, медицине и биотехнологиях.

### 1.1. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Данная дисциплина входит в блок Б1 Дисциплины и относится к дисциплинам по выбору вариативной части. Для ее успешного освоения необходимо предварительное изучение дисциплин: «Механика», «Молекулярная физика», «Электричество и магнетизм», «Физика атома, атомного ядра и элементарных частиц».

### 1.2. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения данной дисциплины

Таблица 1

Код и наименование компетенции (из ФГОС ВО)	Компонент (знаниевый/функциональный)
ПК-1: способность использовать специализированные знания в области физики для освоения профильных физических дисциплин	<b>Знает</b> – специализированные разделы физики «Механика», «Молекулярная физика», «Электричество и магнетизм», «Физика атома, атомного ядра и элементарных частиц» для освоения профильных физических дисциплин.
	<b>Умеет</b> – использовать специализированные знания в области физики наноструктур, атомной и молекулярной физики.
ПК-2: способность проводить научные исследования в избранной области экспериментальных и (или) теоретических физических исследований с	<b>Знает</b> – современную приборную базу для исследования наноматериалов, в том числе сложного аналитического оборудования.



помощью современной приборной базы (в том числе сложного физического оборудования) и информационных технологий с учетом отечественного и зарубежного опыта	<b>Умеет</b> – проводить научные исследования наноматериалов с помощью современной приборной базы, в том числе сложного аналитического оборудования.
--	---

## 2. Структура и трудоемкость дисциплины

Таблица 2

Вид учебной работы		Всего часов (академические часы)	Часов в семестре (академические часы)
			6
<b>Общий объем</b>	зач. ед.	5	5
	час	180	180
Из них:			
<b>Часы аудиторной работы (всего):</b>		68	68
Лекции		34	34
Практические занятия		0	0
Лабораторные / практические занятия по подгруппам		34	34
<b>Часы внеаудиторной работы, включая самостоятельную работу обучающегося</b>		112	112
Вид промежуточной аттестации (зачет, диф. зачет, экзамен)			Экзамен

## 3. Система оценивания

Оценивание знаний, умений и навыков студентов, полученных ими в ходе изучения дисциплины, производится в соответствии с «Положением о текущем контроле успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Тюменский государственный университет» (утверждено Решением Ученого совета от 31.08.2020, протокол №10).

На лекционных и лабораторных занятиях оценивается аудиторная работа студента (0 – 10 баллов). Всего за семестр в каждом виде занятий максимум 100 баллов.

## 4. Содержание дисциплины

### 4.1. Тематический план дисциплины

Таблица 3

№ п/п	Наименование тем и/или разделов	Объем дисциплины, час.				Иные виды контактной работы
		Всего	Виды аудиторной работы (академические часы)			
			Лекции	Практические занятия	Лабораторные/ практические занятия по подгруппам	

1	2	3	4	5	6	7
1.	Основные понятия нанотехнологий, наноэлементов и наноструктур.	2	2	0	0	
2.	Получение СЗМ изображения. Обработка и представление результатов эксперимента.	4	0	0	4	
3.	Классификация наноразмерных материалов.	4	4	0	0	
4.	Исследование поверхности твердых тел методом сканирующей туннельной микроскопии.	4	0	0	4	
5.	Методы получения наноразмерных материалов.	4	4	0	0	
6.	Исследование поверхности твердых тел методом атомно-силовой микроскопии в неконтактном режиме.	4	0	0	4	
7.	Методы измерений и контроля микро- и наноструктур материалов.	4	4	0	0	
8.	Артефакты в сканирующей зондовой микроскопии.	4	0	0	4	
9.	Исследование наноматериалов с помощью сканирующей зондовой микроскопии.	4	4	0	0	
10.	Сканирующая зондовая литография.	4	0	0	4	
11.	Пористые и аморфные наноматериалы.	4	4	0	0	

12.	Обработка и количественный анализ СЗМ изображений.	4	0	0	4	
13.	Фуллерены, фуллериты и нанотрубки.	4	4	0	0	
14.	Применение сканирующего зондового микроскопа для исследования биологических объектов.	4	0	0	4	
15.	Нанокпозиционные материалы.	4	4	0	0	
16.	Изучение микрофлоры воды с помощью сканирующей зондовой микроскопии.	4	0	0	4	
17.	Специальные конструкционные наноматериалы.	4	4	0	0	
18.	Исследование материала на электронном микроскопе.	2	0	0	2	
	Итого (часов)	68	34	0	34	

#### 4.2. Содержание дисциплины по темам

##### *Темы лекционных занятий:*

**Тема 1. Основные понятия нанотехнологий, наноэлементов и наноструктур.** Общие сведения о наноразмерных структурах. Термины и определения. Особенности структурного состояния нанокристаллических материалов.

**Тема 2. Классификация наноразмерных материалов.** Классификация дисперсных систем. Классификация наноразмерных структур по топологии. Особенности механических, термодинамических, магнитных и электрических свойств наноструктур.

**Тема 3. Методы получения наноразмерных материалов.** Методы получения наноструктур: электронолитография, эпитаксиальные методы, самоформирование и синтез в матрицах и шаблонах, зондовые методы и вакуумные методы формирования тонких пленок.

**Тема 4. Методы измерений и контроля микро- и наноструктур материалов.** Общий обзор методов измерений в нанотехнологиях. Методы измерения химического состава с помощью рентгеновской эмиссионной спектроскопии и методы изучения кристаллической структуры с помощью дифракции рентгеновских лучей. Электронная микроскопия.

**Тема 5. Исследование наноматериалов с помощью сканирующей зондовой микроскопии.** Устройство туннельного и атомно-силового сканирующих зондовых

микроскопов Основные методы сканирующей зондовой микроскопии. Лабораторный практикум. Список лабораторных работ приведен ниже.

**Тема 6. Пористые и аморфные наноматериалы.** Определения свободного объема, пористости; морфологические характеристики пор. Структура аморфных металлических систем, модели аморфных тел и поликластерная модель. Механические, электрические и магнитные свойства аморфных металлических систем. Аморфные полупроводниковые наноматериалы.

**Тема 7. Фуллерены, фуллериты и нанотрубки.** Схема образования фуллеренов – четвертой аллотропной формы углерода. Природные фуллерены и получение композитных нанопленок на основе фуллереновой матрицы методом вакуумного термического напыления. Уникальные структурные свойства кремниевых нанотрубок и их применение.

**Тема 8. Нанокпозиционные материалы.** Нанополимерные композиты. Металлосодержащие полимеры. Физико-механические и теплофизические свойства нанокпозитивов, полученных в виде нанокристаллических покрытий. Метод синтеза металлосодержащих полимеров для создания магнитных систем с высокой плотностью записи и хранения информации. Наногетерогенные композиционные материалы и области их применения.

**Тема 9. Специальные конструкционные наноматериалы.** Рассматривается создание антикоррозионных и термобарьерных приповерхностных нанослоев конструкционных материалов. Дается принцип действия и технология изготовления нанофлюидных чипов и биочипов, предназначенных для аналитических приборов. Дается назначение и технология изготовления светодиодов и сверхтонких углеродных и металлических фольг.

**Тема 10. Примеры применения наноматериалов и нанотехнологий в промышленности, приборостроении, медицине и биотехнологиях.** Применения микро- и наноразмерных структур, созданных с помощью сфокусированных пучков заряженных частиц, нанофлюидные чипы и биочипы, предназначенных для аналитических приборов, светодиоды, сверхтонкие углеродные и металлические фольги. Возможности применения углеродных нанотрубок. Био-нанотехнологии, искусственные материалы, нанофильтрация как новый способ очистки питьевой воды.

### *Темы лабораторных работ*

- 1) **Получение СЗМ изображения. Обработка и представление результатов эксперимента.** Работа на атомно-силовом микроскопе в лаборатории электронной и зондовой микроскопии НОЦ "Нанотехнологии".
- 2) **Исследование поверхности твердых тел методом сканирующей туннельной микроскопии.** Работа в режиме туннельной микроскопии на атомно-силовом микроскопе в лаборатории электронной и зондовой микроскопии НОЦ "Нанотехнологии".
- 3) **Исследование поверхности твердых тел методом атомно-силовой микроскопии в неконтактном режиме.** Работа в неконтактном режиме на атомно-силовом микроскопе в лаборатории электронной и зондовой микроскопии НОЦ "Нанотехнологии".
- 4) **Артефакты в сканирующей зондовой микроскопии.** Изучение устройства АСМ микроскопа, отдельных узлов, комплектующих и систем.
- 5) **Сканирующая зондовая литография.** Проведение литографии при помощи зонда микроскопа.
- 6) **Обработка и количественный анализ СЗМ изображений.** Исследование изображения топологии поверхности материала и количественная обработка изображения.
- 7) **Применение сканирующего зондового микроскопа для исследования биологических объектов.** Работа по сканированию биоматериала. Обработка

изображения поверхности материала.

- 8) Изучение микрофлоры воды с помощью сканирующей зондовой микроскопии.** Сканирование микрофлоры после высушивания капель воды и исследование изображения поверхности флоры.
- 9) Исследование материала на электронном микроскопе.** Получение изображения поверхности твердотельного или биоматериала (клеца) на электронном микроскопе. Исследование морфологии поверхности и элементного состава материала.

## 5. Учебно-методическое обеспечение и планирование самостоятельной работы обучающихся

Таблица 4

№ Темы	Темы	Виды СРС
	6 семестр	
	Наноматериалы и нанодиагностика	
1	Основные понятия нанотехнологий, нанозаэментов и наноструктур.	Чтение обязательной и дополнительной литературы
2	Получение СЗМ изображения. Обработка и представление результатов эксперимента.	1. Проработка лекций. 2. Подготовка лабораторных журналов / отчетов (необходимо для выполнения лабораторной работы).
3	Классификация наноразмерных материалов.	Чтение обязательной и дополнительной литературы
4	Исследование поверхности твердых тел методом сканирующей туннельной микроскопии.	3. Проработка лекций. Подготовка лабораторных журналов / отчетов (необходимо для выполнения лабораторной работы).
5	Методы получения наноразмерных материалов.	Чтение обязательной и дополнительной литературы
6	Исследование поверхности твердых тел методом атомно-силовой микроскопии в неконтактном режиме.	4. Проработка лекций. Подготовка лабораторных журналов / отчетов (необходимо для выполнения лабораторной работы).
7	Методы измерений и контроля микро- и наноструктур материалов.	Чтение обязательной и дополнительной литературы
8	Артефакты в сканирующей зондовой микроскопии.	5. Проработка лекций. Подготовка лабораторных журналов / отчетов (необходимо для выполнения лабораторной работы).
9	Исследование наноматериалов с помощью сканирующей зондовой микроскопии.	Чтение обязательной и дополнительной литературы

10	Сканирующая зондовая литография.	6. Проработка лекций. Подготовка лабораторных журналов / отчетов (необходимо для выполнения лабораторной работы).
11	Пористые и аморфные наноматериалы.	Чтение обязательной и дополнительной литературы
12	Обработка и количественный анализ СЗМ изображений.	7. Проработка лекций. Подготовка лабораторных журналов / отчетов (необходимо для выполнения лабораторной работы).
13	Фуллерены, фуллериты и нанотрубки.	Чтение обязательной и дополнительной литературы
14	Применение сканирующего зондового микроскопа для исследования биологических объектов.	8. Проработка лекций. Подготовка лабораторных журналов / отчетов (необходимо для выполнения лабораторной работы).
15	Нанокпозиционные материалы.	Чтение обязательной и дополнительной литературы
16	Изучение микрофлоры воды с помощью сканирующей зондовой микроскопии.	9. Проработка лекций. Подготовка лабораторных журналов / отчетов (необходимо для выполнения лабораторной работы).
17	Специальные конструкционные наноматериалы.	Чтение обязательной и дополнительной литературы
18	Исследование материала на электронном микроскопе.	10. Проработка лекций. Подготовка лабораторных журналов / отчетов (необходимо для выполнения лабораторной работы).

## 6. Промежуточная аттестация по дисциплине

### 6.1 Оценочные материалы для проведения промежуточной аттестации по дисциплине

Форма проведения промежуточной аттестации по дисциплине – экзамен в виде собеседования.

К экзамену допускаются студенты, набравшие по итогам семестра количество баллов 61% от максимально возможного при усвоении дисциплины, соответствующее оценке «удовлетворительно».

Студент, не сдавший лабораторные работы и/или пропустивший более 50% практических занятий без уважительной причины считается не освоившим дисциплину и не может сдать экзамен.

#### *Вопросы к контрольной работе:*

1. Каковы термодинамические особенности наноструктур.
2. Рассчитайте электросопротивление наноматериала.
3. Особенности наноферромагнетиков.

4. Суперпарамагнетизм в наноматериалах.
5. Типы и свойства нанопористых материалов.
6. Свойства и применение фуллеренов и фуллеритов.
7. Свойства цеолитов и где они применяются.
8. Повышение прочности нанокристаллических материалов.
9. Свойства аморфных наноматериалов. Стеклообразное состояние.
10. Типы нанокompозитных наноматериалов. Отличие металлического нанокompозита от полимерного.
11. Повышение твердости в нанокompозитных покрытиях.
12. Магнитные свойства полимерных нанокompозитов.
13. Формирования металлополимерных нанокompозитов.

#### **Вопросы для подготовки к экзамену:**

1. Методы создания наноматериалов.
2. Методы исследования наноматериалов.
3. Сканирующий туннельный микроскоп: устройство, принцип действия, режимы работы.
4. Сканирующий атомно-силовой микроскоп: устройство, принцип действия, способы проведения атомно-силовой микроскопии.
5. Зондовая литография.
6. Исследование морфологии и структуры наноматериалов на сканирующем электронном микроскопе.
7. Основные способы получения аморфных сплавов.
8. Применение нанокристаллических материалов в промышленности.
9. Применение наноструктур в приборостроении.
10. Условия формирования нанокристаллических пленок.
11. Особенности применения наноразмерных структур, созданных с помощью пучков заряженных частиц.
12. Возможности применения углеродных нанотрубок.
13. Применения наноструктур в биотехнологии.
14. Технология формирования антикоррозионного приповерхностного нанослоя в конструкционном материале.
15. Технология формирования термобарьерного приповерхностного нанослоя в конструкционном материале.

#### **6.2. Критерии оценивания компетенций:**

Таблица 5

#### **Карта критериев оценивания компетенций**

Код и наименование компетенции	Оценочные материалы	Критерии оценивания
ПК-1: способность использовать специализированные знания в области физики для освоения профильных физических дисциплин.	1. Контрольная работа; 2. Вопросы к контрольной работе; 3. Вопросы к зачету.	<b>Пороговый уровень освоения ОП (удовл.):</b> <b>Знает:</b> — частично, фрагментарно специализированные разделы физики для освоения профильных физических дисциплин. <b>Умеет:</b> – частично, фрагментарно использовать специализированные знания в области физики наноструктур, атомной и

		<p>молекулярной физики.  <b>Владеет:</b> – частично, фрагментарно навыками применения конструкционных наноматериалов в нефтегазовой промышленности, приборостроении.  <b>Базовый уровень (хор.):</b>  <b>Знает:</b> специализированные разделы физики наноструктур, атомной и молекулярной физики для освоения профильных физических дисциплин  <b>Умеет:</b> – частично, фрагментарно использовать специализированные знания в области физики наноструктур, атомной и молекулярной физики.  <b>Владеет:</b> – частично, фрагментарно навыками применения конструкционных наноматериалов в нефтегазовой промышленности, приборостроении  <b>Повышенный уровень (отл.):</b>  <b>Знает:</b> – специализированные разделы физики для освоения профильных физических дисциплин.  <b>Умеет:</b> – использовать специализированные знания в области физики наноструктур, атомной и молекулярной физики.  <b>Владеет:</b> – навыками применения конструкционных наноматериалов в нефтегазовой промышленности, приборостроении.</p>
<p>ПК-2: способность проводить научные исследования в избранной области экспериментальных и (или) теоретических физических исследований с помощью современной приборной базы (в том числе сложного физического оборудования) и информационных технологий с учетом отечественного и зарубежного опыта.</p>		<p><b>Пороговый уровень освоения ОП (удовл.):</b>  <b>Знает:</b> – частично, фрагментарно современную приборную базу для исследования наноматериалов, в том числе сложного аналитического оборудования.  <b>Умеет:</b> – частично, фрагментарно проводить научные исследования наноматериалов с помощью современной приборной базы, в том числе, сложного аналитического оборудования.  <b>Владеет:</b> – частично, фрагментарно навыками проводить научные исследования в области нанотехнологий с помощью зондового и электронного микроскопов.  <b>Базовый уровень (хор.):</b>  <b>Знает:</b> – современную приборную базу для исследования наноматериалов, в том числе сложного аналитического оборудования.  <b>Умеет:</b> – частично, фрагментарно</p>



		<p>проводить научные исследования наноматериалов с помощью современной приборной базы, в том числе, сложного аналитического оборудования.</p> <p><b>Владеет:</b> – частично, фрагментарно навыками проводить научные исследования в области нанотехнологий с помощью зондового и электронного микроскопов.</p> <p><b>Повышенный уровень (отл.):</b></p> <p><b>Знает:</b> – современную приборную базу для исследования наноматериалов, в том числе сложного аналитического оборудования.</p> <p><b>Умеет:</b> – проводить научные исследования наноматериалов с помощью современной приборной базы,, в том числе сложного аналитического оборудования.</p> <p><b>Владеет:</b> – навыками проводить научные исследования в области нанотехнологий с помощью зондового и электронного микроскопов.</p>
--	--	--

## 7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

### 7.1 Основная литература:

1. Витязь, П.А. Основы нанотехнологий и наноматериалов : учебное пособие / П.А. Витязь, Н.А. Свидуневич. - Минск : Вышэйшая школа, 2010. - 304 с. - ISBN 978-985-06-1783-5 ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://www.iprbookshop.ru/20108.html> (01.04.2020)

### 7.2 Дополнительная литература:

1. Технологии конструкционных наноструктурных материалов и покрытий : монография / П. А. Витязь, А. Ф. Ильющенко, М. Л. Хейфец, С. А. Чижик. — Минск : Белорусская наука, 2011. — 283 с. — ISBN 978-985-08-1292-6. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <http://www.iprbookshop.ru/12322.html> (дата обращения: 01.04.2020)
2. Барыбин, А. А. Физико-химия наночастиц, наноматериалов и наноструктур [Электронный ресурс] : Учеб. пособие / А. А. Барыбин, В. А. Бахтина, В. И. Томилин, Н. П. Томилина. - Красноярск : СФУ, 2011. - 236 с. - ISBN 978-5-7638-2396-7. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/441543> (дата обращения: 01.04.2020). – Режим доступа: по подписке
3. Наноструктурные материалы / под ред. Р. Ханнинк, А. Хилл ; пер. А.А. Шустиков. - М. : РИЦ "Техносфера", 2009. - 488 с. - (Мир материалов и технологий). - ISBN 978-5-94836-221-2 ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://www.iprbookshop.ru/12730.html> (01.04.2020)

### 7.3 Интернет-ресурсы:

1. Научная электронная библиотека [www.elibrary.ru](http://www.elibrary.ru). (01.04.2020)
2. Сайт компании РОСНАНО <http://www.rusnano.com/> (01.04.2020)
3. Образовательные ресурсы «Единое окно» <http://window.edu.ru/window/library> (26.11.2020)

4. Книго-поиск. <http://www.knigo-poisk.ru> (01.04.2020)

**8. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)**

- Применение мультимедийного оборудования для проведения докладов-презентаций.
- Работа с Интернетом.
- Работа с информационным порталом ИБЦ ТюмГУ.

В случае дистанционной формы обучения рекомендуется использовать Microsoft Teams.

**9. Технические средства и материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)**

Для проведения лекционных занятий требуется аудитория, рассчитанная на 10 человек, оборудованная мультимедийными средствами, а так же меловой или интерактивной доской.

Для проведения лабораторных работ требуется специальная лаборатория электронной и зондовой микроскопии НОЦ "Нанотехнологии".

**Список оборудования для проведения практических занятий:**

1. Лаборатория зондовой микроскопии с комплектом учебных микроскопов Nanoeducator.
2. Универсальный вакуумный сканирующий зондовый микроскоп «ИНТЕГРА-АУРА».
3. Электронный микроскоп JSM-6510LV-EDS с рентгеновским энерго-дисперсионным спектрометром.

ФГАОУ ВО «Тюменский государственный университет»

УТВЕРЖДЕНО

Заместителем директора

Физико-технического института

Крековым С.А.

РАЗРАБОТЧИК

Удовиченко С.Ю.

МОДЕЛИРОВАНИЕ МИКРО- И НАНОСИСТЕМ

Рабочая программа

для обучающихся по направлениям подготовки

03.03.02 Физика, для всех профилей направления подготовки;

16.03.01 Техническая физика, для всех профилей направления подготовки;  
форма обучения очная

Шабиев Ф. К. Моделирование микро- и наносистем. Рабочая программа для обучающихся по направлениям 03.03.02 Физика, для всех профилей направления подготовки; 16.03.01 Техническая физика, для всех профилей направления подготовки, форма обучения очная. Тюмень, 2020, \_12\_стр.

Рабочая программа дисциплины *Моделирование микро и наносистем* опубликована на сайте ТюмГУ: [электронный ресурс] / Режим доступа: <http://www.op.utmn.ru>.

© Тюменский государственный университет, 2020.

© Шабиев Фарид Канафеевич, 2020.

Рабочая программа дисциплины включает следующие разделы:

## 1. Пояснительная записка

В данной дисциплине рассматриваются основные понятия и законы, протекающие в наносистемах. Рассматриваются основные положения моделирования систем на различных иерархических уровнях строения вещества по схеме «снизу вверх» (атомная структура, молекулы, супрамолекулярные системы и нанокластеры) и взаимодействия частиц на таких уровнях. Систематизированы основные методы вычислительной нанотехнологии: квантовомеханические расчеты «из первых принципов» и методы, основанные на положениях молекулярной динамики и моделях Монте-Карло. Излагаются способы молекулярной самосборки и методы многомасштабного моделирования материалов и процессов. Приводятся обзор программного обеспечения моделирования наносистем.

**Цель дисциплины:** ознакомить студентов с методами моделирования структуры и свойств наносистем. Изучить особенность протекания физических процессов в наноструктурах.

**Задачи дисциплины:** освоение молекулярно-механических, полуэмпирических, первопринципных методов моделирование структуры и свойств наносистем. Освоение программных пакетов, предназначенных для моделирования наносистем.

### 1.1. Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы

Для должного освоения дисциплины необходимы: знания математики, физики, химии в объеме программы высшей школы; знания основ высшей математики (элементов векторной алгебры, основ дифференциального и интегрального исчисления), теоретической физики в рамках квантовой механики.

### 1.2. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения данной дисциплины (модуля)

Таблица 1

Код и наименование компетенции	Компонент (знаниевый/функциональный)
ПК-1: способность использовать специализированные знания в области физики для освоения профильных физических дисциплин	<b>Знает</b> – основные методы моделирования микро- и наноструктур
	<b>Умеет</b> – использовать специализированные знания в области физики микро- и наноструктур, атомной и молекулярной физики.
ПК-2: способность проводить научные исследования в избранной области экспериментальных и (или) теоретических физических исследований с помощью современной приборной базы (в том числе сложного физического оборудования) и информационных технологий с учетом отечественного и зарубежного опыта	<b>Знает</b> – современную приборную базу для исследования микро- и наноструктур, в том числе сложного аналитического оборудования.
	<b>Умеет</b> – проводить научные исследования микро- и наноструктур с помощью современной приборной базы, в том числе сложного программного обеспечения.

## 2. Структура и трудоемкость дисциплины

Таблица 2

Вид учебной работы		Всего часов	Часов в семестре
			7
<b>Общая трудоемкость</b>	зач. ед.	4	4
	час	144	144
Из них:			
<b>Часы аудиторной работы (всего):</b>		68	68
Лекции		34	34
Практические занятия		0	0
Лабораторные / практические занятия по подгруппам		34	34
<b>Часы внеаудиторной работы, включая самостоятельную работу обучающегося</b>		68	68
Вид промежуточной аттестации (зачет, диф. зачет, экзамен)			Диф.зачет

## 3. Система оценивания

Оценивание знаний, умений и навыков студентов, полученных ими в ходе изучения дисциплины, производится в соответствии с «Положением о текущем контроле успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Тюменский государственный университет».

В рамках дисциплины «Моделирование микро- и наносистем» обучающийся должен выполнить и защитить 6 лабораторных работ. Под защитой понимается оформление лабораторного отчета и ответы на контрольные вопросы по работе. Следовательно, при текущем контроле успеваемости обучающихся учитывается два вида деятельности:

- защита лабораторного отчета (0 ÷ 5 баллов);
- защита теоретической части лабораторной работы (0 ÷ 5 баллов);

Защита лабораторного отчета включает в себя выполнение лабораторной работы, оформление ее результатов и аргументированный вывод по итогам моделирования. Если отчет удовлетворяет предъявленным преподавателем требованиям, то он оценивается в 3 ÷ 5 баллов, в противном случае – 0 баллов.

Защита теоретической части лабораторной работы включает в себя ответы (устные или письменные) на вопросы к лабораторному коллоквиуму (см. методические указания к лабораторным работам), а также, при необходимости, на дополнительные вопросы преподавателя. Обучающийся, ответивший на все вопросы преподавателя, получает 3 ÷ 5 балла, в противном случае – 0 баллов.

К экзамену допускаются студенты, получившие не менее 6 баллов за каждую лабораторную работу, и набравшие за семестр 36 баллов, из максимально возможных 60 баллов (по 10 баллов за каждую лабораторную работу: 0 ÷ 5 за лабораторный отчет; 0 ÷ 5 за лабораторный коллоквиум). Экзамен проходит в традиционной форме, по билетам. В билете – 3 вопроса (два теоретических и один практический – задание по моделированию). Для получения 0 ÷ 25 баллов студент должен: выполнить задание по моделированию и дать ответы на вопросы билета в общем раскрывающие тему и не содержащие грубых ошибок. Ответ студента должен показывать, что он знает и понимает смысл и суть описываемой темы. Для получения 26 ÷ 30 баллов студент должен: выполнить задание по моделированию с анализом полученного результата, ответить на вопросы билета, достаточно хорошо раскрыв тему, и не допустив при этом грубых ошибок. Ответы студента должны показывать, что он знает и понимает смысл и суть описываемой темы, и ее взаимосвязь с другими разделами дисциплины и может привести пример по описываемой теме. В ответах допускаются

небольшие недочеты. Для получения 31÷40 баллов студент должен: выполнить задание по моделированию с анализом полученного результата, полностью ответить на вопросы билета. Ответы должны быть подробными, в полной мере раскрывать тему, содержать схемы, рисунки и пояснения. Ответы студента должны показывать, что он знает и понимает смысл и суть описываемой темы, и ее взаимосвязь с другими разделами дисциплины и может привести пример по описываемой теме.

Максимальное количество баллов, которые обучающийся может получить по дисциплине, равно 100 (60 – обязательные к выполнению лабораторные работы + 40 диф.зачет). Для получения оценки «удовлетворительно» необходимо набрать 61-75 баллов. Для получения оценки «хорошо» необходимо набрать 76-90 баллов. Для получения оценки «отлично» необходимо набрать 91-100 баллов.

#### 4. Содержание дисциплины

##### 4.1. Тематический план дисциплины

Таблица 3

№ п/п	Наименование тем и/или разделов	Объем дисциплины, час.				
		Всего	Виды аудиторной работы (академические часы)			Иные виды контактной работы
			Лекции	Практические занятия	Лабораторные/практические занятия по подгруппам	
1	2	3	4	5	6	7
1	Лекция 1. Введение в предмет «Микро- и наносистемы»	2	2	0	0	0
3	Практическое занятие № 1. Моделирование структуры наночастиц: 1D -нанотрубки, 2D-графен, графан, графин	4	0	4	0	0
4	Лекция 2. Структурные и фазовые переходы в микро- и наносистемах	2	2	0	0	0
5	Лекция 3. Квантовые эффекты в наносистемах	2	2	0	0	0
6	Практическое занятие № 2. Исследование 3D-нанокластера.	4	0	4	0	0
7	Лекция 4. Дефекты в кристаллической решетке	2	2	0	0	0
8	Лекция 5. Методы молекулярно-механического моделирования	2	2	0	0	0
9	Практическое занятие № 3. Расчет физико-химических свойств 1D, 2D, 3D- наносистем	4	0	4	0	0

	с использованием полуэмпирических методов					
10	Лекция 6. Периодические граничные условия в микро и наноструктурах	2	2	0	0	0
11	Лекция 7. Полуэмпирические методы моделирования	2	2	0	0	0
12	Практическое занятие № 4. Расчет физико-химических свойств 1D, 2D, 3D- наносистем с использованием ab initio методов.	4	0	4	0	0
13	Лекция 8. Методы моделирования: CNDO, INDO, MINDO, MNDO, AM1 и PM3	2	2	0	0	0
	Лекция 9. Расчеты молекулярных характеристик	2	2	0	0	0
14	Практическое занятие № 5. Расчет физико-химических свойств 1D, 2D, 3D- наносистем с использованием DFT методов	4	0	4	0	0
15	Лекция 10. Первопринципные методы моделирования микро и наноструктур	2	2	0	0	0
16	Лекция 11. Гамильтониан сложного атома с $n$ электронами и зарядом ядра $Z$	2	2	0	0	0
17	Практическое занятие № 6. Расчет плотности электронных состояний 1D, 2D, 3D- наносистем с использованием DFT методов	4	0	4	0	0
18	Лекция 12. Метод Хартри - Фока (одноэлектронное приближение)	2	2	0	0	0
19	Лекция 13. Методы функционала плотности	2	2	0	0	0



20	Практическое занятие № 7. Проверка тождественности расчетов физико-химических свойств известных наносистем на примере программного пакета: Atomistix Toolkit / Virtual NanoLab	4	0	4	0	0
21	Лекция 14. Проблема вычисления многоэлектронных волновых функций	2	2	0	0	0
22	Лекция 15. Системы с несколькими степенями свободы: молекула водорода	2	2	0	0	0
23	Практическое занятие № 8. Проверка тождественности расчетов физико-химических свойств известных наносистем на примере программного пакета: GROMACS, GAMESS	4	0	4	0	0
24	Лекция 16. Обзор программных пакетов для моделирования микро- и наносистем	2	2	0	0	0
25	Лекция 17. Обзор программных пакетов для моделирования микро- и наносистем	2	2	0	0	0
26	Практическое занятие № 9. Проверка тождественности расчетов физико-химических свойств известных наносистем на примере программного пакета: Gaussian, SIESTA	2	0	2	0	0
	<b>Итого (часов)</b>	<b>68</b>	<b>34</b>	<b>34</b>	<b>0</b>	<b>0</b>

#### 4. Содержание дисциплины

##### 4.2. Содержание дисциплины (модуля) по темам

*Темы лекционных занятий:*

**Тема 1. Введение в предмет «Микро- и наносистемы».** Основы классификации микро- и наноматериалов. Нанокластеры и их структура. Электронная структура. Реакционная способность. Магнитные кластеры.

**Тема 2. Структурные и фазовые переходы в микро- и наносистемах.** Влияние размера наночастиц на параметры кристаллических решеток. Фононный спектр и теплоёмкости наноструктур. Влияние размера наночастиц на термическое расширение. Магнитные свойства наночастиц. Оптические свойства наноматериалов

**Тема 3. Квантовые эффекты в наносистемах.** Квантовые эффекты в наноструктурах. Квантовая точка. Потенциальная яма. Квантовые нити. Квантовая яма. Фотонные кристаллы. Теория фотонных запрещённых зон.

**Тема 4. Дефекты в кристаллической решетке.** Дефекты как элемент структуры фотонного кристалла. Силовые поля и методы их учета.

**Тема 5. Методы молекулярно-механического моделирования.** Молекулярная динамика. Уравнения движения Ньютона и их дискретизация. Стохастическая динамика. Броуновская динамика. Потенциалы взаимодействия.

**Тема 6. Периодические граничные условия в микро и наноструктурах.** Задание начальных координат молекул. Задание начальных конформаций сложных молекул. Минимизация энергии системы.

**Тема 7. Полуэмпирические методы моделирования.** Сущность полуэмпирических методов. Современные полуэмпирические методы.

**Тема 8. Методы моделирования: CNDO, INDO, MINDO, MNDO, AM1 и PM3.** Анализ программ и постановка параметров моделирования.

**Тема 9. Расчеты молекулярных характеристик.** Энергия молекулы. Геометрия молекулы. Энергия и форма молекулярных орбиталей.

**Тема 10. Первопринципные методы моделирования микро и наноструктур**  
Отличие полуэмпирических методов моделирования от методов «из первых принципов».

**Тема 11. Гамильтониан сложного атома с  $n$  электронами и зарядом ядра  $Z$ .** Основные приближения. Адиабатическое приближение. Расчеты из первых принципов (ab-initio).

**Тема 12. Метод Хартри - Фока (одноэлектронное приближение).** Приближение валентных электронов. Приближение самосогласованного поля. Метод самосогласованного поля. Метод многоконфигурационного самосогласованного поля (MCSCF).

**Тема 13. Методы функционала плотности.** Точность аппроксимации для многоэлектронных систем. Катастрофа Ван Флека: природа «экспоненциальной ямы». Прорыв из «экспоненциальной ямы».

**Тема 14. Проблема вычисления многоэлектронных волновых функций.** Метод функционала плотности. Метод Томаса-Ферми: пример функционала плотности. Теоремы Кона-Хоэнберга. Конечные температуры: теория Мермина. Уравнение Кона-Шэма. Модельная (вспомогательная) система. Вариационный принцип Кона-Хоэнберга. Уравнение Кона-Шэма.

**Тема 15. Системы с несколькими степенями свободы: молекула водорода.**

Обменно-корреляционная энергия. Метод решения уравнения Кона-Шэма. Примеры расчётов по методу Кона-Шэма.

**Тема 16. Обзор программных пакетов для моделирования микро- и наносистем.**  
Программы: Materials Studio. Atomistix Toolkit / Virtual NanoLab. GROMACS. GAMESS.

**Тема 17. Обзор программных пакетов для моделирования микро- и наносистем.**  
Программы: MPQC. Gaussian. CPMD. CP2K. NWCHEM. ABINIT. VASP. WIEN2K. ORCA. CRYSTAL. SIESTA. ПРИРОДА.

***Темы практических работ:***

**Тема 1. Методы молекулярно-механического моделирования**

Практическое занятие № 1. Моделирование структуры наночастиц: 1D -нанотрубки, 2D-графен, графан, графин;

Практическое занятие № 2. Исследование 3D- нанокластера.

**Тема 2. Полуэмпирические методы моделирования**

Практическое занятие № 3. Расчет физико-химических свойств 1D, 2D, 3D- наносистем с использованием полуэмпирических методов.

**Тема 3. Первопринципные методы моделирования**

Практическое занятие № 4. Расчет физико-химических свойств 1D, 2D, 3D- наносистем с использованием ab initio методов.

**Тема 4. Методы функционала плотности**

Практическое занятие № 5. Расчет физико-химических свойств 1D, 2D, 3D- наносистем с использованием DFT методов.

Практическое занятие № 6. Расчет плотности электронных состояний 1D, 2D, 3D- наносистем с использованием DFT методов.

**Тема 5. Обзор программных пакетов для моделирования микро- и наносистем**

Практическое занятие № 7. Проверка тождественности расчетов физико-химических свойств известных наносистем на примере программного пакета: Atomistix Toolkit / Virtual NanoLab.

Практическое занятие № 8. Проверка тождественности расчетов физико-химических свойств известных наносистем на примере программного пакета: GROMACS, GAMESS.

Практическое занятие № 9. Проверка тождественности расчетов физико-химических свойств известных наносистем на примере программного пакета: Gaussian, SIESTA.

**5. Учебно-методическое обеспечение и планирование самостоятельной работы обучающихся**

Таблица 4

№ Темы	Темы	Виды СРС
	7 семестр	
Моделирование микро- и наносистем		
1	Микро- и наносистемы	Проработка лекций. Чтение обязательной и дополнительной литературы
2	Квантовые эффекты в наносистемах	Проработка лекций. Чтение обязательной и дополнительной литературы
3	Методы молекулярно-механического моделирования	Чтение обязательной и дополнительной литературы. Подготовка лабораторного отчета. Подготовка к лабораторному коллоквиуму.
4	Полуэмпирические методы моделирования	Чтение обязательной и дополнительной литературы. Подготовка лабораторного отчета. Подготовка к лабораторному коллоквиуму.
5	Первопринципные методы моделирования	Чтение обязательной и дополнительной литературы. Подготовка лабораторного отчета. Подготовка к лабораторному коллоквиуму.
6	Методы функционала плотности	Чтение обязательной и дополнительной литературы. Подготовка лабораторного отчета. Подготовка к лабораторному коллоквиуму.
7	Обзор программных пакетов для моделирования микро- и наносистем	Чтение обязательной и дополнительной литературы. Подготовка лабораторного отчета. Подготовка к лабораторному коллоквиуму.
	диф.зачет	Самостоятельное изучение заданного материала

**6. Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)**

**6.1 Критерии оценивания компетенций:**

Таблица 5

**Карта критериев оценивания компетенций**

Код и наименование компетенции	Оценочные материалы	Критерии оценивания
<p>ПК-1: способность использовать специализированные знания в области физики для освоения профильных физических дисциплин.</p>	<p>1. Вопросы к лабораторному коллоквиуму; 2. Вопросы к диф.зачету.</p>	<p><b>Пороговый уровень (удовл.):</b> <i>Знает:</i> – специализированные разделы физики (молекулярная физика, квантовая механика, физика твердого тела) для освоения дисциплины моделирование микро- и наносистем. <i>Умеет:</i> – использовать специализированные знания физики (молекулярная физика, квантовая механика, физика твердого тела) для моделирования микро- и наноструктур.</p>
		<p><b>Базовый уровень (хор.):</b> <i>Знает:</i> – специализированные разделы физики (молекулярная физика, квантовая механика, физика твердого тела) для освоения дисциплины моделирование микро- и наносистем; – основные методы моделирования микро- и наноструктур. <i>Умеет:</i> – использовать специализированные знания физики (молекулярная физика, квантовая механика, физика твердого тела) для моделирования микро- и наноструктур; – использовать основные методы моделирования микро- и наноструктур.</p>
		<p><b>Повышенный уровень (отл.):</b> <i>Знает:</i> – специализированные разделы физики (молекулярная физика, квантовая механика, физика твердого тела) для освоения дисциплины моделирование микро- и наносистем; – основные методы моделирования микро- и наноструктур. <i>Умеет:</i> – использовать специализированные знания физики (молекулярная физика, квантовая механика, физика твердого тела) для моделирования микро- и наноструктур; – использовать основные методы</p>

		<p>моделирования микро- и наноструктур; – использовать основные методы моделирования физико-химических свойств микро- и наносистем.</p>
<p>ПК-2: способность проводить научные исследования в избранной области экспериментальных и (или) теоретических физических исследований с помощью современной приборной базы (в том числе сложного физического оборудования) и информационных технологий с учетом отечественного и зарубежного опыта.</p>	<p>1. Вопросы к лабораторному коллоквиуму; 2. Вопросы к диф.зачету.</p>	<p><b>Пороговый уровень (удовл.):</b> <i>Знает:</i> – современную базу программного обеспечения для исследования микро- и наносистем. <i>Умеет:</i> – проводить научные исследования структуры микро- и наносистем с помощью молекулярного моделирования.</p>
		<p><b>Базовый уровень (хор.):</b> <i>Знает:</i> – современную базу программного обеспечения для исследования микро- и наносистем; – область применимости различных методов молекулярного моделирования при исследовании структуры и свойств микро- и наносистем. <i>Умеет:</i> – проводить научные исследования структуры и физико-химических свойств микро- и наносистем с помощью молекулярного моделирования.</p>
		<p><b>Повышенный уровень (отл.):</b> <i>Знает:</i> – современную базу программного обеспечения для исследования микро- и наносистем; – область применимости различных методов молекулярного моделирования при исследовании структуры и свойств микро- и наносистем. <i>Умеет:</i> – проводить научные исследования структуры и физико-химических свойств микро- и наносистем с помощью молекулярного моделирования; – анализировать результаты исследования структуры и физико-химических свойств микро- и наносистем, полученные при помощи молекулярного моделирования</p>

## 6.2 Оценочные материалы для проведения промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)

### Вопросы к лабораторному коллоквиуму

Лабораторная работа № 1. Моделирование структуры наночастиц: 1D -нанотрубки, 2D-графен, графан, графин, 3D- нанокластер.

1. Каковы особенности строения углеродных нанотрубок?
2. Каковы особенности строения графена, графана и графина?
3. Каковы особенности строения наоалмазов, нанокристаллитов SiC?
4. Сравните результаты моделирования структуры различных наносистем методами MM+, MM2, AMBER, BIO+, OPLS.
5. Назовите границы применимости методов молекулярной механики.

Лабораторная работа № 2. Расчет физико-химических свойств 1D, 2D, 3D- наносистем с использованием полуэмпирических методов.

1. Какими полуэмпирическими методами необходимо производить расчет удельной энергии связей 1D, 2D, 3D- наносистем?
2. Какими полуэмпирическими методами необходимо производить расчет дипольного момента 1D, 2D, 3D- наносистем?
3. Какими полуэмпирическими методами необходимо производить расчет частот валентных колебаний 1D, 2D, 3D- наносистем?
4. Какими полуэмпирическими методами необходимо производить расчет ширины энергетической щели?
5. Назовите границы применимости полуэмпирических методов.

Лабораторная работа № 3. Расчет физико-химических свойств 1D, 2D, 3D- наносистем с использованием ab initio методов.

1. Какими ab initio методами необходимо производить расчет удельной энергии связей 1D, 2D, 3D- наносистем?
2. Какими ab initio методами необходимо производить расчет дипольного момента 1D, 2D, 3D- наносистем?
3. Какими ab initio методами необходимо производить расчет частот валентных колебаний 1D, 2D, 3D- наносистем?
4. Какими ab initio методами необходимо производить расчет ширины энергетической щели?
5. Назовите границы применимости ab initio методов.

Лабораторная работа № 4. Расчет физико-химических свойств 1D, 2D, 3D- наносистем с использованием DFT методов.

1. Какими ab initio методами необходимо производить расчет удельной энергии связей 1D, 2D, 3D- наносистем?
2. Какими DFT методами необходимо производить расчет дипольного момента 1D, 2D, 3D- наносистем?
3. Какими DFT методами необходимо производить расчет частот валентных колебаний 1D, 2D, 3D- наносистем?
4. Как визуализировать ИК- и КР-спектр по данным расчета частот валентных колебаний 1D, 2D, 3D- наносистем?

Лабораторная работа № 5. Расчет плотности электронных состояний 1D, 2D, 3D- наносистем с использованием DFT методов.

1. Что называется плотностью электронных состояний?
2. Какие физические свойства можно определить, зная спектр электронных состояний?
3. Каковы особенности расчета электронных состояний 1D, 2D, 3D- наносистем?

4. Какими DFT методами необходимо производить расчет ширины энергетической щели?
5. Назовите границы применимости DFT методов.

Лабораторная работа № 6. Проверка адекватности расчетов физико-химических свойств известных наносистем на примере программных пакетов: Atomistix Toolkit / Virtual NanoLab, GROMACS, GAMESS, Gaussian, SIESTA.

1. Каковы особенности моделирование структуры: 1D -нанотрубки, 2D-графен, графан, графин; 3D- нанокластер с использованием различных программных пакетов?
2. Какие программные пакеты используются для визуализации структуры наносистем?
3. Каковы алгоритмы расчета электронных состояний 1D, 2D, 3D- наносистем в различных программных пакетах?
4. Какие программные пакеты преимущественно используют для расчета электронных состояний нанокластеров и молекул?
5. Назовите программные пакеты специализирующиеся на DFT методах?

#### Вопросы к диф.зачету:

1. Основы классификации микро- и наноматериалов. Нанокластеры и их структура. Электронная структура. Реакционная способность. Магнитные кластеры.
2. Особенности строения 1D, 2D, 3D- наносистем. Связь между структурами и свойствами 1D, 2D, 3D- наносистем.
3. Элементы квантовой теории твердого тела. Теория валентных электронов в периодическом поле кристаллической решетки. Аналитическое решение уравнения Шрёдингера для электрона, движущегося внутри металла.
4. Квантовая точка. Потенциальная яма. Квантовые нити. Квантовая яма.
5. Фотонные кристаллы. Теория фотонных запрещённых зон. Дефекты в кристаллической решетке как элемент структуры фотонного кристалла. Силовые поля и методы их учета.
6. Молекулярная динамика. Уравнения движения Ньютона и их дискретизация. Стохастическая динамика. Броуновская динамика. Потенциалы взаимодействия.
7. Периодические граничные условия. Задание начальных координат молекул. Задание начальных конформаций сложных молекул. Минимизация энергии системы. Программы и параметры моделирования.
8. Сущность полуэмпирических методов. Современные полуэмпирические методы. Метод CNDO. Метод INDO. Метод MINDO. Метод MNDO. Методы AM1 и PM3.
9. Расчеты молекулярных характеристик полуэмпирическими методами. Энергия молекулы. Геометрия молекулы. Энергия и форма молекулярных орбиталей.
10. Расчеты из первых принципов (ab-initio). Метод Хартри - Фока (одноэлектронное приближение). Гамильтониан сложного атома с  $p$  электронами и зарядом ядра  $Z$ .
11. Основные приближения. Адиабатическое приближение. Приближение валентных электронов.
12. Приближение самосогласованного поля. Метод самосогласованного поля.
13. Метод многоконfigurационного самосогласованного поля (MCSCF).
14. Отличие полуэмпирических методов моделирования от методов «из первых принципов».
15. Проблема вычисления многоэлектронных волновых функций. Системы с несколькими степенями свободы: молекула водорода.
16. Точность аппроксимации для многоэлектронных систем. Катастрофа Ван Флека: природа «экспоненциальной ямы». Прорыв из «экспоненциальной ямы».
17. Метод функционала плотности. Метод Томаса-Ферми: пример функционала плотности. Теоремы Кона-Хюэнберга. Конечные температуры: теория Мермина.



18. Уравнение Кона-Шэма. Модельная (вспомогательная) система. Вариационный принцип Кона-Хоэнберга.
19. Уравнение Кона-Шэма. Обменно-корреляционная энергия. Метод решения уравнения Кона-Шэма. Примеры расчётов по методу Кона-Шэма.
20. Обзор программных пакетов для моделирования микро- и наносистем. Преимущества и недостатки.

#### **Задания по моделированию:**

1. Смоделировать структуру zig-zag углеродных нанотрубок с индексами (3,0), (4,0), (5,0), (6,0), (7,0), (8,0), (9,0). Сравнить результаты моделирования различными методами с экспериментальными данными.
2. Смоделировать структуру armchair углеродных нанотрубок с индексами (3,3), (4,4), (5,5), (6,6). Сравнить результаты моделирования различными методами с экспериментальными данными.
3. Смоделировать структуру графенового, графинового и графанового листа. Сравнить результаты моделирования различными методами с экспериментальными данными.
4. Смоделировать структуру адамантана, диадамантана, триадамантана и тетраадамантана. Сравнить результаты моделирования различными методами с экспериментальными данными.
5. Рассчитать спектр электронных состояний zig-zag углеродных нанотрубок с индексами (3,0), (4,0). Сравнить результаты моделирования различными методами с экспериментальными данными.
6. Рассчитать спектр электронных состояний armchair углеродных нанотрубок с индексами (3,3), (5,5). Сравнить результаты моделирования различными методами с экспериментальными данными.
7. Рассчитать спектр электронных состояний графенового листа. Сравнить результаты моделирования различными методами с экспериментальными данными.
8. Рассчитать спектр электронных состояний адамантана. Сравнить результаты моделирования различными методами с экспериментальными данными.
9. Расчет частот валентных колебаний zig-zag углеродной нанотрубки с индексами (3,0). Получить ИК-спектр и сравнить с экспериментальным спектром.
10. Расчет частот валентных колебаний armchair углеродной нанотрубки с индексами (3,3). Получить ИК-спектр и сравнить с экспериментальным спектром.

### **7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)**

#### **7.1 Основная литература:**

1. Ибрагимов, И. М. Основы компьютерного моделирования наносистем: учебное пособие / И. М. Ибрагимов, А. Н. Ковшов, Ю. Ф. Назаров. — Санкт-Петербург: Лань, 2021. — 384 с. — ISBN 978-5-8114-1032-3. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/167744> (дата обращения: 21.07.2021). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

#### **7.2 Дополнительная литература:**

1. Заводинский, В. Г. Компьютерное моделирование наночастиц и наносистем : учебное пособие / В. Г. Заводинский. — Москва: ФИЗМАТЛИТ, 2013. — 176 с. — ISBN 978-5-9221-1397-7. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/59650> (дата обращения: 21.07.2021). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
2. Юрчук, С. Ю. Компьютерное моделирование нанотехнологий, наноматериалов и наноструктур : моделирование наносистем методами молекулярной динамики : курс лекций / С. Ю. Юрчук. - Москва: Изд. Дом МИСиС, 2013. - 47 с. - ISBN 978-5-87623-

663-0. - Текст: электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1239168> (дата обращения: 21.07.2021). – Режим доступа: по подписке.

### **7.3 Интернет-ресурсы:**

1. [www.elibrary.ru](http://www.elibrary.ru)
2. [www.window.edu.ru](http://www.window.edu.ru)
3. [www.en.edu.ru](http://www.en.edu.ru)
4. <https://znanium.com/>
5. <https://e.lanbook.com/>

### **7.4 Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы:**

Нет рекомендаций.

## **8. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине**

### **- Лицензионное ПО:**

Для оформления лабораторных отчетов рекомендуется использовать Microsoft Excel или Libre office.

В случае дистанционной формы обучения рекомендуется использовать платформу Microsoft Teams.

## **9. Технические средства и материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)**

Для проведения учебных занятий и организации самостоятельной работы студентов имеются: лекционные аудитории, снабженные мультимедийной техникой и проекционной аппаратурой; читальный зал и библиотека с достаточным количеством экземпляров основной учебной и дополнительной литературы. Для проведения лабораторного практикума требуется компьютерный класс.

ФГАОУ ВО «Тюменский государственный университет»

УТВЕРЖДЕНО  
Заместителем директора  
Физико-технического института  
Крековым С.А.  
РАЗРАБОТЧИК  
ШАБАРОВ А.Б.

ТЕПЛОМАССОПЕРЕНОС В МИКРО- И НАНОСТРУКТУРАХ  
Рабочая программа  
для обучающихся по направлениям подготовки  
03.03.02 Физика, для всех профилей направления подготовки;  
16.03.01 Техническая физика, для всех профилей направления подготовки;  
форма обучения очная

Шабаров Александр Борисович. Тепломассоперенос в микро- и наноструктурах. Рабочая программа для обучающихся по направлению 03.03.02 Физика, для всех профилей направления подготовки; 16.03.01 Техническая физика, для всех профилей направления подготовки, форма обучения очная. Тюмень, 2022.

Рабочая программа дисциплины опубликована на сайте ТюмГУ: Тепломассоперенос в микро- и наноструктурах [электронный ресурс] / Режим доступа: <https://www.utmn.ru/sveden/education/#>.

## 1. Пояснительная записка

**Цель дисциплины** – предоставить студентам систематические знания по одному из основных разделов профессиональной подготовки: о переносе тепла и массы в микро- и наноструктурах, характерных для технологических и природных процессов.

### Задачи учебной дисциплины:

- изучение экспериментальных фактов, лежащих в основе теории тепломассопереноса,
- обоснование моделей структуры порового пространства,
- изучение экспериментальных методов определения параметров переноса тепла и массы в пористых средах и наноструктурах,
- освоение методов физико-математического моделирования и расчета процессов тепломассопереноса с учетом фазовых переходов,
- изучение процессов фильтрации двухфазных смесей, включая смеси «нефть-водный раствор поверхностно-активных веществ»,
- изучение основ теории тепломассопереноса в динамическом, тепловом и диффузионном пограничных слоях,
- изучение тепломассопереноса в микро- и наностройствах.

### 1.1. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Данная дисциплина входит в вариативную часть блока Б1 «Дисциплины» и относится к дисциплинам по выбору.

Дисциплина «Тепломассоперенос в наноструктурах» базируется на следующих общих математических и естественно-научных дисциплинах бакалавриата: «Механика», «Молекулярная физика», «Электричество и магнетизм», «Оптика», «Математический анализ», «Дифференциальные уравнения», «Линейная алгебра», «Теория функций комплексной переменной», «Информатика».

### 1.2. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения данной дисциплины

Таблица 1

Код и наименование компетенции	Компонент (знаниевый/функциональный)
ПК-1: способность использовать специализированные знания в области физики для освоения профильных физических дисциплин	<b>Знает</b> – специализированные разделы физики «Механика», «Молекулярная физика», «Электричество и магнетизм», «Физика атома, атомного ядра и элементарных частиц» для освоения профильных физических дисциплин.
	<b>Умеет</b> – использовать специализированные знания в области физики микро- и наноструктур, атомной и молекулярной физики.
ПК-2: способность проводить научные исследования в избранной области экспериментальных и (или) теоретических физических исследований с помощью современной приборной базы (в том числе сложного физического оборудования) и информационных технологий с учетом отечественного и зарубежного опыта	<b>Знает</b> – современную приборную базу для исследования микро- и наноструктур, в том числе сложного аналитического оборудования.
	<b>Умеет</b> – проводить научные исследования микро- и наноструктур с помощью современной

	приборной базы, в том числе сложного аналитического оборудования.
--	---

## 2. Структура и объем дисциплины

Таблица 2

Вид учебной работы		Всего часов (академические часы)	Часов в семестре (академические часы)
			8
Общий объем	зач. ед.	4	4
	час	144	144
Из них:			
Часы аудиторной работы (всего):		72	72
Лекции		36	36
Практические занятия		18	18
Лабораторные / практические занятия по подгруппам		18	18
Часы внеаудиторной работы, включая самостоятельную работу обучающегося		72	72
Вид промежуточной аттестации			Диф.зачет

## 3. Система оценивания

Оценивание знаний, умений и навыков студентов, полученных ими в ходе изучения дисциплины, производится в соответствии с «Положением о текущем контроле успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Тюменский государственный университет».

На лекционных и лабораторных занятиях оценивается аудиторная работа студента (0 – 10 баллов). Всего за семестр в каждом виде занятий максимум 100 баллов.

## 4. Содержание дисциплины

### 4.1. Тематический план дисциплины

Таблица 3

№ п/п	Наименование тем и/или разделов	Объем дисциплины, час.				
		Всего	Виды аудиторной работы (академические часы)			Иные виды контактной работы
			Лекции	Практические занятия	Лабораторные/ практические занятия по подгруппам	
1	2	3	4	5	6	7
1	Введение в предмет «Тепломассоперенос в микро- и наноструктурах»	2	2	0	0	0
2	Экспериментальные методы исследования поровых структур и параметров тепломассопереноса	2	2	0	0	0

3	Лабораторная работа 1. Моделирование поровых микро- и наноструктур. Исследования микро- и наноструктуры керна, сечения каналов керна в лаборатории электронной и зондовой микроскопии	4	0	0	4	0
4	Фильтрация многофазных и однофазных сред в масштабе керна	2	2	0	0	0
5	Относительные фазовые проницаемости при многофазной фильтрации	2	2	0	0	0
6	Лабораторная работа 2. Экспериментальные методы исследования поровых структур и параметров теплопереноса. Экспериментальное определение пористости, поверхностного натяжения и распределения пор по диаметрам в лаборатории керна исследований	4	0	0	4	0
7	Фильтрация смеси «нефть-водный раствор ПАВ»	2	2	0	0	0
8	Теплоперенос при наличии фазовых переходов	2	2	0	0	0
9	Лабораторная работа 3. Фильтрация многофазных и однофазных сред в масштабе керна. Экспериментальное определение абсолютной проницаемости при фильтрации в лаборатории керна исследований	4	0	0	4	0

10	Течение флюидов в пристеночной области	2	2	0	0	0
11	Тепловой и диффузионный пограничные слои	2	2	0	0	0
12	Лабораторная работа 4. Относительные фазовые проницаемости при многофазной фильтрации. Экспериментальное определение относительных фазовых проницаемостей по воде и нефти при известной водонасыщенности в лаборатории керновых исследований.	4	0	0	4	0
13	Тепломассообмен в микро- и наноустройствах	2	2	0	0	0
14	Научная область нанотеплофизики	2	2	0	0	0
15	Практическое занятие 1. Фильтрация смеси «нефть-водный раствор ПАВ». Расчетное определение относительных фазовых проницаемостей в низкопроницаемых кернах. Сопоставление с известными экспериментальными данными	4	0	4	0	0
16	Термодинамика наноструктур	2	2	0	0	0
16	Теплопроводность в наноструктурах	2	2	0	0	0
18	Практическое занятие 2. Тепломассоперенос при наличии фазовых переходов. Исследование процессов тепломассопереноса при промораживании / протаивании влажных пористых сред.	4	0	4	0	0
19	Термосопротивление в наноструктурах	2	2	0	0	0
20	Термогидродинамика на наномасштабах	2	2	0	0	0



21	Практическое занятие 3. Течение флюидов в пристеночной области. Расчетно-экспериментальное определение потерь давления при течении жидкости в трубах.	4	0	4	0	0
22	Наножидкости и теплоперенос в наножидкостях	2	2	0	0	0
23	Поверхностная наногидротеплодинамика	2	2	0	0	0
24	Практическое занятие 4. Тепловой и диффузионный пограничные слои. Расчетно-экспериментальное определение коэффициентов теплоотдачи и теплопередачи при течении жидкости в трубе	4	0	4	0	0
25	Смачиваемость наножидкостей	2	2	0	0	0
26	Практическое занятие 5. Исследование полей температуры в микроустройствах. Измерение поля температуры в плоской интегральной схеме на основе мемристорного кроссбара	2	0	2	0	0
	<b>Итого (часов)</b>	<b>68</b>	<b>34</b>	<b>18</b>	<b>16</b>	<b>0</b>

#### 4.2. Содержание дисциплины по темам

##### *Темы лекционных занятий:*

**Тема 1. Введение в предмет «Тепломассоперенос в микро- и наноструктурах»**  
Пористые среды. Цифровые геометрические модели порового пространства. Методы изучения поровых структур. Кластерная сетевая модель порового пространства. Низкопроницаемые структуры в природных нефтегазовых пластах. Принципы моделирования поровых микро- и наноструктур.

**Тема 2. Экспериментальные методы исследования поровых структур и параметров тепломассопереноса.** Распределение пор по диаметрам в поровых структурах. Методы изучения тепломассопереноса в пористых средах и наноструктурах. Экспериментальные установки для изучения однофазной и многофазной фильтрации. Подготовка образцов к испытаниям. Обработка результатов экспериментальных

исследований.

**Тема 3. Фильтрация многофазных и однофазных сред в масштабе зерна стационарные задачи теории теплопроводности.** Обобщенное уравнение Дарси (вывод). Система уравнений многофазной фильтрации, замыкающие соотношения, граничные и начальные условия. Гидродинамический метод замыкания системы уравнений на микроуровне при расчете относительных фазовых проницаемостей. Расчетно-экспериментальный метод исследования многофазной фильтрации в масштабе зерна.

**Тема 4. Относительные фазовые проницаемости при многофазной фильтрации.** Методы расчета относительных фазовых проницаемостей (классификация методов). Закономерности изменения относительных фазовых проницаемостей при фильтрации смеси «нефть-вода». Фильтрация смеси «нефть-вода-газ». Функция потерь давления в поровых каналах при межфазном взаимодействии. Остаточная нефтенасыщенность при вытеснении нефти водой.

**Тема 5. Фильтрация смеси «нефть-водный раствор ПАВ».** Физические основы увеличения нефтеотдачи за счет применения водных растворов ПАВ. Относительные фазовые проницаемости при фильтрации смеси «нефть-водный раствор ПАВ». Удельная работа адгезии. Влияние капиллярного числа, работы адгезии и температуры на параметры фильтрации.

**Тема 6. Тепломассоперенос при наличии фазовых переходов.** Постановка задач тепломассопереноса в технических и природных системах при наличии фазовых переходов в пористых средах и трубопроводах. Физико-математическое моделирование тепломассопереноса в микро- и наноструктурах. Фазовые переходы. Интенсивность фазовых переходов. Нестационарные поля температуры, влажности, льдистости. Методы расчета тепломассопереноса при наличии фазовых переходов.

**Тема 7. Течение флюидов в пристеночной области.** Характерные толщины динамического пограничного слоя. Эпюры скоростей и напряжений в пограничном слое. Система дифференциальных уравнений ламинарного пограничного слоя. Интегральный метод расчета динамического пограничного слоя. Граничные и начальные условия при решении задач о массопереносе в динамическом пограничном слое. Турбулентный динамический пограничный слой.

**Тема 8. Тепловой и диффузионный пограничные слои.** Характерные толщины теплового и диффузионного пограничных слоев. Система уравнений теплового и диффузионного пограничных слоев, граничные и начальные условия. Турбулентный пограничный слой. Интегральный метод расчета турбулентного пограничного слоя. Закономерности пристеночного течения. Аналогия Рейнольдса.

**Тема 9. Тепломассообмен в микро- и наностройствах.** Классификация охлаждаемых микро- и наностройств. Микро- и нанотехнологии, в которых существенное значение имеют процессы тепломассопереноса. Экспериментальное определение и обеспечение температурных режимов в микроэлектронных приборах. Температурные поля и тепловой расчет процесса охлаждения микроэлектронных приборов для обеспечения их длительной эксплуатации.

**Тема 10. Область науки нанотеплофизики.** Объект нанотеплофизики, масштабный фактор, роль объема и поверхности.

**Тема 11. Термодинамика наноструктур.** Внутренняя энергия и удельная теплоёмкость наноструктур и наночастиц, удельная теплоёмкость графена.

**Тема 12. Теплопроводность в наноструктурах.** Фононы и их энергетический спектр, теплопроводность одномерных структур, нарушение Закона Фурье, квантовый перенос тепла, теплопроводность плёнки

**Тема 13. Термосопротивление в наноструктурах.** Контакты между тепловыми резервуарами, наноинтерфейсы, модель теплопереноса через малую область контакта.

**Тема 14. Термогидродинамика на наномасштабах.** Размерные эффекты, кнудсовский слой, механизм скольжения, теплообмен при скольжении.

**Тема 15. Наножидкости и теплоперенос в наножидкостях.** Термокапиллярные эффекты в наножидкостях. Конвективный теплоперенос в наножидкостях, кипение наножидкостей.

**Тема 16. Поверхностная наногидротеплодинамика.** Структурирование поверхности, управляющие параметры, модели шероховатости поверхности.

**Тема 17. Смачиваемость наножидкостей.** Тепловое управление смачиваемости, наноструктурированная микропористость, термоэлектрические модели в наноразмерных структурах.

**Темы лабораторных работ:**

**Тема 1. Моделирование поровых микро- и наноструктур.** Исследования микро- и наноструктуры зерна, сечения каналов зерна в лаборатории электронной и зондовой микроскопии.

**Тема 2. Экспериментальные методы исследования поровых структур и параметров темпломассопереноса.** Экспериментальное определение пористости, поверхностного натяжения и распределения пор по диаметрам в лаборатории ядерных исследований.

**Тема 3. Фильтрация многофазных и однофазных сред в масштабе зерна.** Экспериментальное определение абсолютной проницаемости при фильтрации в лаборатории ядерных исследований.

**Тема 4. Относительные фазовые проницаемости при многофазной фильтрации.** Экспериментальное определение относительных фазовых проницаемостей по воде и нефти при известной водонасыщенности в лаборатории ядерных исследований.

**Темы практических занятий:**

**Тема 1. Фильтрация смеси «нефть-водный раствор ПАВ».** Расчетное определение относительных фазовых проницаемостей в низкопроницаемых зернах. Сопоставление с известными экспериментальными данными.

**Тема 2. Тепломассоперенос при наличии фазовых переходов.** Исследование процессов тепломассопереноса при промораживании / протаивании влажных пористых сред.

**Тема 3. Течение флюидов в пристеночной области.** Расчетно-экспериментальное определение потерь давления при течении жидкости в трубах.

**Тема 4. Тепловой и диффузионный пограничные слои.** Расчетно-экспериментальное определение коэффициентов теплоотдачи и теплопередачи при течении жидкости в трубе.

**Тема 5. Исследование полей температуры в микроустройствах.** Измерение поля температуры в плоской интегральной схеме на основе мемристорного кроссбара в лаборатории электронной и зондовой микроскопии.

**5. Учебно-методическое обеспечение и планирование самостоятельной работы обучающихся**

Таблица 4

№ темы	Темы	Формы СРС, включая требования к подготовке к занятиям
	8 семестр	
	Тепломассоперенос в микро- и наноструктурах	

1.	Моделирование поровых микро- и наноструктур	Чтение основной и дополнительной литературы. Проработка лекций. Подготовка лабораторных журналов / отчетов (необходимо для выполнения лабораторной работы).
2.	Экспериментальные методы исследования поровых структур и параметров теплопереноса	Чтение основной и дополнительной литературы. Проработка лекций. Подготовка лабораторных журналов / отчетов (необходимо для выполнения лабораторной работы).
3.	Фильтрация многофазных и однофазных сред в масштабе зерна	Чтение основной и дополнительной литературы. Проработка лекций. Подготовка лабораторных журналов / отчетов (необходимо для выполнения лабораторной работы).
4.	Относительные фазовые проницаемости при многофазной фильтрации	Чтение основной и дополнительной литературы. Проработка лекций. Подготовка лабораторных журналов / отчетов (необходимо для выполнения лабораторной работы).
5.	Фильтрация смеси «нефть-водный раствор ПАВ»	Чтение основной и дополнительной литературы. Проработка лекций. Подготовка лабораторных журналов / отчетов (необходимо для выполнения лабораторной работы).
6.	Теплоперенос при наличии фазовых переходов	Чтение основной и дополнительной литературы. Проработка лекций.
7.	Течение флюидов в пристеночной области	Чтение основной и дополнительной литературы. Проработка лекций. Подготовка лабораторных журналов / отчетов (необходимо для выполнения лабораторной работы).
8.	Тепловой и диффузионный пограничные слои	Чтение основной и дополнительной литературы. Проработка лекций. Подготовка лабораторных журналов / отчетов (необходимо для выполнения лабораторной работы).
9.	Теплообмен в микро- и наноструктурах	Чтение основной и дополнительной литературы. Проработка лекций. Подготовка лабораторных журналов / отчетов (необходимо для выполнения лабораторной работы).

## 6. Промежуточная аттестация по дисциплине

### 6.1. Оценочные материалы для проведения промежуточной аттестации по дисциплине

Форма проведения промежуточной аттестации по дисциплине – диф.зачет в виде собеседования.

Обучающиеся, не набравшие 61 балла в течении семестра, или не согласные с оценкой, полученной по итогам текущего контроля в семестре, проходят промежуточную

аттестацию  
в форме экзамена.

При проведении промежуточной аттестации результаты, полученные обучающимся в семестре, переводятся в формат традиционной оценки в соответствии со шкалой перевода баллов:

- 60 баллов и менее – «неудовлетворительно»;
- от 61 до 75 баллов – «удовлетворительно»;
- от 76 до 90 баллов – «хорошо»;
- от 91 до 100 баллов – «отлично».

Студент, не сдавший лабораторные работы и/или пропустивший более 50% лабораторных работ без уважительной причины считается не освоившим дисциплину и не может получить положительную оценку на дифференцированном зачете.

#### ***Вопросы к контрольной работе:***

1. Методы изучения поровых структур. Кластерная сетевая модель порового пространства.
2. Методы изучения тепломассопереноса в пористых средах и наноструктурах.
3. Расчетно-экспериментальный метод исследования многофазной фильтрации в масштабе керна.
4. Фильтрация смеси «нефть-вода-газ».
5. Физические основы увеличения нефтеотдачи за счет применения водных растворов ПАВ.
6. Тепломассоперенос в технических и природных системах при наличии фазовых переходов в пористых средах и трубопроводах.
7. Система дифференциальных уравнений ламинарного пограничного слоя. Граничные и начальные условия.
8. Система уравнений теплового и диффузионного пограничных слоев, граничные и начальные условия.
9. Микро- и нанотехнологии, в которых существенное значение имеют процессы тепломассопереноса.

#### ***Вопросы для подготовки к диф.зачету:***

1. Низкопроницаемые структуры в природных нефтегазовых пластах.
2. Экспериментальные установки для изучения однофазной и многофазной фильтрации.
3. Обобщенное уравнение Дарси. Система уравнений многофазной фильтрации.
4. Закономерности изменения относительных фазовых проницаемостей при фильтрации смеси «нефть-вода».
5. Относительные фазовые проницаемости при фильтрации смеси «нефть-водный раствор ПАВ».
6. Методы расчета тепломассопереноса при наличии фазовых переходов.
7. Интегральный метод расчета динамического пограничного слоя.
8. Интегральный метод расчета турбулентного пограничного слоя. Закономерности пристеночного течения.
9. Тепловой расчет процесса охлаждения микроэлектронных приборов.
10. Исследования микро- и наноструктуры керна, сечения каналов керна.
11. Экспериментальное определение пористости, поверхностного натяжения и распределения пор по диаметрам.
12. Экспериментальное определение абсолютной проницаемости при фильтрации.
13. Экспериментальное определение относительных фазовых проницаемостей по воде и нефти при известной водонасыщенности.
14. Расчетное определение относительных фазовых проницаемостей в низкопроницаемых

- кернах.
15. Исследование процессов тепломассопереноса при промораживании / протаивании влажных пористых сред.
  16. Расчетно-экспериментальное определение потерь давления при течении жидкости в трубах.
  17. Расчетно-экспериментальное определение коэффициентов теплоотдачи и теплопередачи при течении жидкости в трубе.
  18. Измерение поля температуры в плоской интегральной схеме на основе мемристорного кроссбара.

## 6.2. Критерии оценивания компетенций:

Таблица 5

Карта критериев оценивания компетенций

Код и наименование компетенции	Оценочные материалы	Критерии оценивания
ПК-1: способность использовать специализированные знания в области физики для освоения профильных физических дисциплин.	1. Контрольная работа; 2. Вопросы к контрольной работе; 3. Вопросы к диф.зачету.	<p><b>Пороговый уровень освоения ОП (удовл.):</b>  <i><b>Знает:</b></i> — частично, фрагментарно специализированные разделы физики для освоения профильных физических дисциплин.  <i><b>Умеет:</b></i> – частично, фрагментарно использовать специализированные знания в области физики микро- и наноструктур, атомной и молекулярной физики.  <i><b>Владеет:</b></i> – частично, фрагментарно навыками применения микро- и наноструктур в нефтегазовой промышленности, приборостроении.</p> <p><b>Базовый уровень (хор.):</b>  <i><b>Знает:</b></i> специализированные разделы физики микро- и наноструктур, атомной и молекулярной физики для освоения профильных физических дисциплин  <i><b>Умеет:</b></i>. – частично, фрагментарно использовать специализированные знания в области физики микро- и наноструктур, атомной и молекулярной физики.  <i><b>Владеет:</b></i> – частично, фрагментарно навыками применения микро- и наноструктур в нефтегазовой промышленности, приборостроении.</p> <p><b>Повышенный уровень (отл.):</b>  <i><b>Знает:</b></i> – специализированные разделы физики для освоения профильных физических дисциплин.  <i><b>Умеет:</b></i> – использовать специализированные знания в области физики микро- и наноструктур, атомной и молекулярной физики.</p>

		<p><b>Владеет:</b> – навыками применения микро- и наноструктур в нефтегазовой промышленности, приборостроении.</p>
<p>ПК-2: способность проводить научные исследования в избранной области экспериментальных и (или) теоретических физических исследований с помощью современной приборной базы (в том числе сложного физического оборудования) и информационных технологий с учетом отечественного и зарубежного опыта.</p>		<p><b>Пороговый уровень освоения ОП (удовл.):</b>  <b>Знает:</b> – частично, фрагментарно современную приборную базу для исследования микро- и наноструктур, в том числе сложного аналитического оборудования.  <b>Умеет:</b> – частично, фрагментарно проводить научные исследования микро- и наноструктур с помощью современной приборной базы, в том числе сложного аналитического оборудования.  <b>Владеет:</b> – частично, фрагментарно навыками проводить научные исследования в области микро- и наноструктур с помощью зондового и электронного микроскопов.</p> <p><b>Базовый уровень (хор.):</b>  <b>Знает:</b> – современную приборную базу для исследования микро- и наноструктур, в том числе сложного аналитического оборудования.  <b>Умеет:</b> – частично, фрагментарно проводить научные исследования микро- и наноструктур с помощью современной приборной базы, в том числе сложного аналитического оборудования.  <b>Владеет:</b> – частично, фрагментарно навыками проводить научные исследования в области микро- и наноструктур с помощью зондового и электронного микроскопов.</p> <p><b>Повышенный уровень (отл.):</b>  <b>Знает:</b> – современную приборную базу для исследования микро- и наноструктур, в том числе сложного аналитического оборудования.  <b>Умеет:</b> – проводить научные исследования микро- и наноструктур с помощью современной приборной базы, в том числе сложного аналитического оборудования.  <b>Владеет:</b> – навыками проводить научные исследования в области микро- и наноструктур с помощью зондового и электронного микроскопов.</p>

## 7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

### 7.1. Основная литература:

1. Тепломассоперенос в нефтегазовых и строительных технологиях: учебное пособие / А.Б. Шабаров [и др.]; ред.: А.Б. Шабаров, А.А. Кислицын; рец.: В.Н. Антипов, Ю.В. Пахаруков. — Тюмень: Изд-во Тюм. гос. ун-та, 2014.— Доступ по паролю из сети Интернет (чтение). — URL:

[https://library.utmn.ru/dl/PPS/Shabarov\\_Kislitsina\\_223\\_223\(1\)\\_Teplomassoperenos\\_UP\\_2014.pdf](https://library.utmn.ru/dl/PPS/Shabarov_Kislitsina_223_223(1)_Teplomassoperenos_UP_2014.pdf) (дата обращения 16.02.2022). — Режим доступа: для авторизир. пользователей.

### 7.2. Дополнительная литература:

1. Шабаров А. Б. Гидрогазодинамика: учебное пособие для студентов вузов, обучающихся по специальности "Теплофизика" направления подготовки "Техническая физика" / А. Б. Шабаров; рец.: А. А. Кислицын, В. Г. Свиридов. — 2-е изд., перераб. — Тюмень: Изд-во Тюм. гос. ун-та, 2013. — Доступ по паролю из сети Интернет (чтение). — URL:[https://library.utmn.ru/dl/PPS/Shabarov\\_228\\_Gidrogazodinamika\\_UP\\_2013.pdf](https://library.utmn.ru/dl/PPS/Shabarov_228_Gidrogazodinamika_UP_2013.pdf) (дата обращения 16.02.2022). — Режим доступа: для авторизир. пользователей.

2. Цирельман, Н.М. Теория и прикладные задачи тепломассопереноса: учебное пособие / Н.М. Цирельман. — 2-е изд., испр. — Санкт-Петербург: Лань, 2019. — 504 с. — ISBN 978-5-8114-3621-7. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/119624> (дата обращения: 16.02.2022). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

3. Янбикова, Ю.Ф. Экспериментальные методы исследований. Тепломассоперенос: учебно-методическое пособие / Ю.Ф. Янбикова, Б.В. Григорьев. — Тюмень: ТюмГУ, 2017. — 108 с. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/110057> (дата обращения: 16.02.2022). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

### 7.3. Интернет-ресурсы:

1. Образовательные ресурсы «Единое окно» <http://window.edu.ru/window/library>
2. Электронные ресурсы ИБЦ ТюмГУ <http://www.tmnlib.ru/jirbis/>
3. Научная электронная библиотека [www.elibrary.ru](http://www.elibrary.ru).
4. Книго-поиск. <http://www.knigo-poisk.ru>
5. Лицензионная библиотека <http://www.book.ru/static/helpreg>

### 7.4. Современные базы данных и информационные справочные системы:

Международные реферативные базы данных и системы цитирования Web of Science, Scopus, Astrophysics, PubMed, Mathematics, Chemical Abstracts, Springer, Agris, GeoRef, MathSciNet, BioOne, Compendex, CiteSeerX и т.п.

## 8. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине:

– Лицензионное ПО:

Microsoft PowerPoint, платформа для электронного обучения Microsoft Teams.

## 9. Технические средства и материально-техническое обеспечение дисциплины

Лекционная аудитория с мультимедийным оборудованием.

Лаборатория керновых исследований ФТИ.

Специальная лаборатория электронной и зондовой микроскопии НОЦ "Нанотехнологии".



ФГАОУ ВО «Тюменский государственный университет»

УТВЕРЖДЕНО

Заместителем директора

Физико-технического института

Крековым С.А.

РАЗРАБОТЧИК

Чистякова Н.Ф.

### **ОСНОВЫ ГЕОЛОГИИ И ГЕОФИЗИКИ**

Рабочая программа

для обучающихся по направлениям подготовки

03.03.02 Физика, профиль направления подготовки Фундаментальная физика;

16.03.01 Техническая физика, профиль направления подготовки

Техническая физика в нефтегазовых технологиях

форма обучения очная

## 1. Планируемые результаты освоения дисциплины

### 1.1. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения данной дисциплины:

Для направления 03.03.02 Физика: УК-1;

Для направления 16.03.01 Техническая физика: ОПК-1.

### 1.2. Индикаторы достижения компетенций, соотнесенные с планируемыми результатами обучения:

#### Знания

- основ строения земной коры и осадочного чехла Земли;
- условий образования горных пород;
- природных процессов формирования и размещения полезных ископаемых;
- современных геологических процессов.
- геофизических методов изучения осадочного чехла для целей залежей поиска УВ

#### Умения

- извлекать и анализировать геологическую информацию, необходимую для конкретизации условий образования месторождений полезных ископаемых и осуществления прогноза поиска залежей полезных ископаемых в осадочном чехле Земли.
- использовать в профессиональной деятельности базовые общепрофессиональные знания геологии и геофизики
- изучать научно-техническую информацию, отечественный и зарубежный опыт по тематике профессиональной деятельности;

#### Навыки

- анализа первичной геологической и геофизической информации;
- математической обработки полученных данных;
- построения геологических карт, разрезов;
- моделирования залежей полезных ископаемых;
- практического использования полученных фундаментальных и профессиональных знаний в ходе интерпретации каротажных диаграмм.

## 2. Структура и трудоемкость дисциплины

Таблица 1

Вид учебной работы		Всего (ак.ч.)	Кол-во часов в семестре (ак.ч.)
			5 семестр
<b>Общая трудоемкость</b>	<b>зач. ед.</b>	4	4
	<b>ак.ч.</b>	144	144
Из них:			
<b>Часы аудиторной работы (всего):</b>		64	64
Лекции		32	32
Практические занятия		32	32
Лабораторные / практические занятия по подгруппам		0	0
<b>Часы внеаудиторной работы, включая консультации, иную контактную работу и самостоятельную работу обучающегося</b>		80	80

Вид промежуточной аттестации (зачет, диф. зачет, экзамен)		Дифференцированный зачет
---	--	--------------------------

### 3. Содержание дисциплины

Таблица 2

№	Тематика учебных встреч	Виды аудиторной работы (в ак.час.)			Итого аудиторных ак.часов по теме
		Лекции	Практические занятия	Лабораторные / практические занятия по подгруппам	
1	2	3	4	5	6
	Часов в 5 семестре	32	32	0	64
	Основы геологии и геофизики	32	32	0	64
1	Основы общей геологии	2	0	0	2
2	Образование горных пород и их характеристика по происхождению	0	2	0	2
3	Литосфера, ее строение и характеристика	2	0	0	2
4	Виды воды в горных породах и их характеристика	0	2	0	2
5	Структура и текстура осадочных горных пород	2	0	0	2
6	Природные воды, их происхождение и характеристика	0	2	0	2
7	Химический состав подземных вод и их генетические типы	2	0	0	2
8	Экзогенные геологические процессы и их причины	0	2	0	2
9	Эндогенные геологические процессы и их причины	2	0	0	2
10	Деформация горных пород и тектонические движения	0	2	0	2
11	Каустобиолиты, нафтиды и их основные характеристики	2	0	0	2
12	Теория и гипотезы происхождения нефти	0	2	0	2
13	Природный резервуар, ловушка и ее основные характеристики	2	0	0	2
14	Месторождение углеводородов и их классификация; залежь и ее характеристики	0	2	0	2

15	Нефтегазоматеринская порода и ее характеристики. Первичная и вторичная миграция углеводородов. Формирование залежи.	2	0	0	2
16	Геологические построения	0	2	0	2
17	Основы геофизики	2	0	0	2
18	Геофизические методы изучения осадочного чехла	0	2	0	2
19	Порода-коллектор, ее петрофизические характеристики	2	0	0	2
20	Гидрофильные и гидрофобные горные породы	0	2	0	2
21	Двойной электрический слой и его характеристики	2	0	0	2
22	Подземные воды. Виды воды в горных породах	0	2	0	2
23	Порода-флюидоупор и ее характеристика	2	0	0	2
24	Поляризация горных пород, ее виды и характеристика	0	2	0	2
25	Электрические методы ГИС, их теоретические основы	2	0	0	2
26	Потенциал-зонд и его характеристики	0	2	0	2
27	Градиент-зонд и его характеристики	2	0	0	2
28	Метод потенциалов собственной поляризации и его возможности	0	2	0	2
29	Метод кажущегося сопротивления и его использование при поисках месторождений углеводородного сырья	2	0	0	2
30	Каротажная диаграмма, ее характеристики	0	2	0	2
31	Интерпретация каротажных диаграмм и выделение продуктивных и непродуктивных интервалов в осадочном чехле	2	0	0	2
32	Физические основы гравirazведки, методов магнитного поля, радиоактивных методов исследования скважин	0	2	0	2
	Итого (ак. часов)	32	32	0	64

#### 4. Система оценивания

При проведении промежуточной аттестации результаты, полученные обучающимся в семестре, переводятся в формат традиционной оценки в соответствии со шкалой перевода баллов:

- 60 баллов и менее – «неудовлетворительно»;
- от 61 до 75 баллов – «удовлетворительно»;
- от 76 до 90 баллов – «хорошо»;
- от 91 до 100 баллов – «отлично».

Обучающиеся, не набравшие 61 балла в течение семестра или не согласные с оценкой, полученной по итогам текущего контроля в семестре, проходят промежуточную аттестацию в форме дифференцированного зачета.

Дифференцированный зачет проводится в устной форме и включает два вопроса по дисциплине, в которых оцениваются знания изученных тем. Обучающемуся необходимо дать письменный ответ по билету и обсудить его с преподавателем в формате собеседования с возможностью дополнительных вопросов для подтверждения освоения студентом дисциплины.

## 5. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

### 5.1 Литература:

1. Карлович, И. А. Геология : учебное пособие для вузов / И. А. Карлович. — Москва : Академический проект, 2020. — 703 с. — ISBN 978-5-8291-3010-7. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/109977.html> (дата обращения: 13.03.2022). — Режим доступа: для авторизир. пользователей.
2. Прозорова, Г.Н. Комплексование нефтегазопроисковых методов : учебное пособие : в 2 ч. : Учебное пособие. Ростов-на-Дону : Издательство Южного федерального университета (ЮФУ), 2011. 360 с. URL: <http://znanium.com/catalog/document?id=188971>. ISBN 978-5-9275-0903-4. (13.03.2022).
3. Романов, Г. Г. Почвоведение с основами геологии / Г. Г. Романов, Е. Д. Лодыгин. — 2-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2022. — 268 с. — ISBN 978-5-507-44795-4. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/243335> (дата обращения: 13.03.2022). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
4. Курбанов, С. А. Почвоведение с основами геологии / С. А. Курбанов, Д. С. Магомедова. — 3-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2022. — 288 с. — ISBN 978-5-507-44681-0. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/237323> (дата обращения: 13.03.2022). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
5. Физико-математическое моделирование течений в нефтегазовых технологиях : учебное пособие / А. Б. Шабаров, С. С. Примаков, Д. Р. Гильмиев [и др.]. — Тюмень : ТюмГУ, 2014. — 216 с. — ISBN 978-5-400-00944-0. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/109979> (дата обращения: 13.03.2022). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
6. Тепломассоперенос в нефтегазовых и строительных технологиях : учебное пособие / А. Б. Шабаров, А. А. Кислицын, Б. В. Григорьев [и др.] ; под ред. А. Б. Шабарова, А. А. Кислицына. — Тюмень : ТюмГУ, 2014. — 332 с. — ISBN 978-5-400-00979-2. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/109978> (дата обращения: 13.03.2022). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

### 5.2 Электронные образовательные ресурсы:

Не требуются для реализации дисциплины.

## 6. Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы:

База данных IPR Books — <https://www.iprbookshop.ru/>

Электронно-библиотечная система “ЗНАНИУМ” — <https://lib.utmn.ru/tpost/mlxo8l6vg1-znaniumcom>

Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU — <https://elibrary.ru/defaultx.asp>

**7. Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение, в том числе отечественного производства**

MS Office, платформа для электронного обучения Microsoft Teams.

**8. Технические средства и материально-техническое обеспечение дисциплины**

Мультимедийная учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа, оснащенная следующими техническими средствами обучения и оборудованием: учебная мебель, доска аудиторная, мультимедийное проекционное и акустическое оборудование, персональный компьютер.

ФГАОУ ВО «Тюменский государственный университет»

УТВЕРЖДЕНО

Заместителем директора

Физико-технического института

Крековым С.А.

РАЗРАБОТЧИК

Никулин С.Г.

МЕТРОЛОГИЯ, СТАНДАРТИЗАЦИЯ И СЕРТИФИКАЦИЯ

Рабочая программа

для обучающихся по направлениям подготовки

03.03.02 Физика, для всех профилей направления подготовки;

16.03.01 Техническая физика, для всех профилей направления подготовки;  
форма обучения очная

## 1. Планируемые результаты освоения дисциплины

### 1.1. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения данной дисциплины:

- 03.03.02 Физика: ПК-1;
- 16.03.01 Техническая физика: ОПК-3, ОПК-4.

### 1.2. Индикаторы достижения компетенций, соотнесенные с планируемыми результатами обучения:

**Знания:** основные понятия, цели и задачи метрологии, стандартизации, сертификации; законодательные и нормативные правовые акты, методические материалы по стандартизации, сертификации, метрологии и управлению качеством; системы государственного надзора и контроля, межведомственного и ведомственного контроля за качеством продукции, стандартами, техническими регламентами и обеспечение единства измерений; порядка разработки, утверждения и внедрения стандартов, технических условий и другой нормативно-технической документации; организации и технической базы метрологического обеспечения предприятия, правил проведения метрологической экспертизы, методов и средства поверки (калибровки) средств измерений, методики выполнения измерений, методик поверки; виды, системы и порядок проведения сертификации продукции (СИ) в целях утверждения типа, аккредитации на право поверки или испытаний; системы качества, порядок их взаимодействия с метрологической службой; схемы методов контроля продукции на основе комплекса стандартов отрасли.

**Умения:** правильно выбирать физические величины при решении практических задач; определять погрешности результатов измерений; творчески применять знания по физико-техническим измерениям в процессе обучения и работы; применять нормативно-техническую документацию по сертификации, стандартизации в образовательной и профессиональной деятельности.

**Навыки:** приемы и навыки решения конкретных метрологических задач из разных научно-производственных областей, помогающих в дальнейшем решать инженерно-производственные и научные задачи; основными техническими средствами измерения.

## 2. Структура и трудоемкость дисциплины

Таблица 1

Вид учебной работы		Всего (ак.ч.)	Кол-во часов в семестре (ак.ч.)
			4 / 6* семестр
<b>Общая трудоемкость</b>	<b>зач. ед.</b>	<b>4</b>	<b>4</b>
	<b>ак.ч.</b>	<b>144</b>	<b>144</b>
Из них:			
<b>Часы аудиторной работы (всего):</b>		<b>64</b>	<b>64</b>
Лекции		32	32
Практические занятия		32	32
Лабораторные / практические занятия по подгруппам		0	0
<b>Часы внеаудиторной работы, включая консультации, иную контактную работу и самостоятельную работу обучающегося</b>		<b>80</b>	<b>80</b>
Вид промежуточной аттестации			Дифференцированный зачет / Экзамен*

\* – в соответствии с учебным планом.



## 3. Содержание дисциплины

Таблица 2

№	Тематика учебных встреч	Виды аудиторной работы (в ак.час.)			Итого аудиторных ак.часов по теме
		Лекции	Практические занятия	Лабораторные / практические занятия по подгруппам	
1	2	3	4	5	6
1	Введение в метрологию, стандартизацию и сертификацию	2	0	0	2
2	Линейно-угловые измерения	0	4	0	4
3	Метрологическое обеспечение производства	6	0	0	6
4	Расходомерия газа	2	4	0	6
5	Расходомерия жидкости	2	4	0	6
6	Работа со средствами измерений влагосодержания, температуры, уровня	2	4	0	6
7	Погрешность измерений	4	0	0	4
8	Работа со средствами измерений давления, перепада давления, плотности	2	4	0	6
9	Расчет и подбор средств измерений узла учета газа	2	4	0	6
10	Стандартизация	2	0	0	2
11	Расчет и подбор средств измерений узла учета нефти	2	4	0	6
12	Сертификация	2	0	0	2
13	Расчет и подбор средств измерений в резервуаре	2	4	0	6
14	Качество продукции	2	0	0	2
	Итого (ак.часов)	32	32	0	64

## 4. Система оценивания

Текущий контроль может осуществляться по следующим видам деятельности:

- посещение встреч;
- выполнение практического задания;
- работа на учебной встрече;
- защита проекта.

Оценивание предметов текущего контроля происходит по следующей системе:

- работа на учебной встрече – 1 балл;
- выполнение практического задания – 3–4 баллов;
- защита проекта – 10 баллов.

Обучающиеся, не набравшие 61 балла в течение семестра или не согласные с оценкой, полученной по итогам текущего контроля в семестре, проходят промежуточную аттестацию в форме экзамена или дифференцированного зачета в соответствии с учебным планом.

При проведении промежуточной аттестации результаты, полученные обучающимся в семестре, переводятся в формат традиционной оценки в соответствии со шкалой перевода баллов:

- 60 баллов и менее – «неудовлетворительно»;
- от 61 до 75 баллов – «удовлетворительно»
- от 76 до 90 баллов – «хорошо»;
- от 91 до 100 баллов – «отлично».

## **5. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины**

### **5.1. Литература:**

1. Метрология: учебник / О. Б. Бавыкин, О. Ф. Вячеславова, Д. Д. Грибанов [и др.]; под общ. ред. С. А. Зайцева. — 3-е изд., перераб. и доп. — Москва: ФОРУМ: ИНФРА-М, 2020. — 522 с. — ISBN 978-5-00091-474-8. — Текст: электронный. — URL: <http://znanium.com/catalog/product/1086765> (дата обращения: 24.03.2022). — Режим доступа: по подписке.

2. Эрастов В. Е. Метрология, стандартизация и сертификация: учебное пособие / В. Е. Эрастов. — Москва: Форум, 2017. — 208 с. — ISBN 978-5-91134-193-0. — Текст: электронный. — URL: <http://znanium.com/catalog/product/636241> (дата обращения: 24.03.2022). — Режим доступа: по подписке.

3. Основы стандартизации, метрологии и сертификации: учебник для студентов вузов, обучающихся по направлениям стандартизации, сертификации и метрологии (200400), направлениям экономики (080100) и управления (080500) / А. В. Архипов, Ю. Н. Берновский, А. Г. Зекунов [и др.]; под редакцией В. М. Мишина. — Москва: ЮНИТИ-ДАНА, 2017. — 447 с. — ISBN 978-5-238-01173-8. — Текст: электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS: [сайт]. — URL: <http://www.iprbookshop.ru/74900.html> (дата обращения: 24.03.2022). — Режим доступа: для авторизир. пользователей.

4. Дехтярь, Г. М. Метрология, стандартизация и сертификация: учебное пособие / Г. М. Дехтярь. — Москва: КУРС: НИЦ ИНФРА-М, 2019. — 154 с. — ISBN 978-5-90554-44-5. — Текст: электронный. — URL: <https://znanium.com/catalog/product/1026634> (дата обращения: 24.03.2022). — Режим доступа: по подписке.

5. Колчков, В. И. Метрология, стандартизация, сертификация: учебник / В. И. Колчков. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва: ФОРУМ: ИНФРА-М, 2019. — 432 с. — ISBN 978-5-00091-638-4. — Текст: электронный. — URL: <https://znanium.com/catalog/product/987717> (дата обращения: 24.03.2022). — Режим доступа: по подписке.

### **5.2. Электронные образовательные ресурсы:**

Не требуются для реализации дисциплины.

## **6. Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы:**

База данных IPR Books. — <https://www.iprbookshop.ru/>

Электронно-библиотечная система “ЗНАНИУМ”. — <https://lib.utmn.ru/tpost/mlxo8l6vg1-znaniumcom>

Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU. — <https://elibrary.ru/defaultx.asp>

## **7. Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение, в том числе отечественного производства**

MS Office, платформа для электронного обучения Microsoft Teams.

**8. Технические средства и материально-техническое обеспечение дисциплины**

Мультимедийная учебная аудитория для проведения занятий семинарского и лекционного типов оснащена следующими техническими средствами обучения и оборудованием: учебная мебель, доска аудиторная, мультимедийное проекционное и акустическое оборудование, персональный компьютер.

Аудитория для самостоятельной работы оснащена следующими техническими средствами обучения и оборудованием: учебная мебель, доска аудиторная, мультимедийное проекционное и акустическое оборудование, персональные компьютеры.

ФГАОУ ВО «Тюменский государственный университет»

УТВЕРЖДЕНО

Заместителем директора

Физико-технического института

Крековым С.А.

РАЗРАБОТЧИК

Турнаева Е.А.

ОБЩАЯ ХИМИЯ

Рабочая программа

для обучающихся по направлениям подготовки

03.03.02 Физика, для всех профилей направления подготовки;

16.03.01 Техническая физика, для всех профилей направления подготовки;  
форма обучения очная

## 1. Планируемые результаты освоения дисциплины

### 1.1. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения данной дисциплины:

- для 03.03.02 Физика: УК-1.
- для 16.03.01 Техническая физика: ОПК-1.

### 1.2. Индикаторы достижения компетенций, соотнесенные с планируемыми результатами обучения:

**Знания:** роли и места химии в естествознании, классификации и номенклатуры химических веществ, систем и реакций, строения вещества и принципов химических превращений.

**Умения:** работать с литературой по химии; анализировать и классифицировать химические системы и протекающие в них реакции; прогнозировать свойства веществ на основе знания их строения и принципов химических превращений; осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации; применять системный подход для решения поставленных задач.

**Навыки:** написание химических уравнений; владение методологией планирования химического исследования; владение спецификой видов химической терминологии.

## 2. Структура и трудоемкость дисциплины

Таблица 1

Вид учебной работы		Всего (ак.ч.)	Кол-во часов в семестре (ак.ч.)
			6 семестр
<b>Общая трудоемкость</b>	зач. ед.	4	4
	ак.ч.	144	144
Из них:			
<b>Часы аудиторной работы (всего):</b>		<b>64</b>	<b>64</b>
Лекции		32	32
Практические занятия		32	32
Лабораторные / практические занятия по подгруппам		0	0
<b>Часы внеаудиторной работы, включая консультации, иную контактную работу и самостоятельную работу обучающегося</b>		<b>80</b>	<b>80</b>
Вид промежуточной аттестации (зачет, диф. зачет, экзамен)			Дифференцированный зачет

## 3. Содержание дисциплины

Таблица 2

№	Тематика учебных встреч	Виды аудиторной работы (в ак.час.)			Итого аудиторных ак. часов по теме
		Лекции	Практические занятия	Лабораторные / практические занятия по подгруппам	
1	2	3	4	5	6
1	Основные понятия и предмет химии.	4	0	0	4
2	Смеси, растворы. Способы выражения концентрации растворов.	0	6	0	6
3	Строение атома. Периодический закон Д. И. Менделеева.	2	2	0	4
4	Химическая связь. Строение молекул и классы химических соединений.	4	4	0	8
5	Теория химических процессов. Химическая термодинамика.	2	2	0	4
6	Кинетика химических реакций. Химическое равновесие.	4	4	0	8
7	Растворы. Коллигативные свойства растворов. Теория электролитической диссоциации.	2	2	0	4
8	Реакции в растворах электролитов. Реакции ионного обмена.	2	2	0	4
9	Свойства растворов. Окислительно-восстановительные реакции.	2	2	0	4
10	Электрохимические процессы.	2	4	0	6
11	Поверхностные явления. Дисперсные системы.	4	2	0	6
12	Химия высокомолекулярных соединений.	4	2	0	6
	Итого (ак. часов)	32	32	0	64

## 4. Система оценивания

Обучающиеся, не набравшие 61 балла в течение семестра или не согласные с оценкой, полученной по итогам текущего контроля в семестре, проходят промежуточную аттестацию в форме дифференцированного зачета.

При проведении промежуточной аттестации результаты, полученные обучающимся в семестре, переводятся в формат традиционной оценки в соответствии со шкалой перевода баллов:

- 60 баллов и менее – «неудовлетворительно»;
- от 61 до 75 баллов – «удовлетворительно»;
- от 76 до 90 баллов – «хорошо»;
- от 91 до 100 баллов – «отлично».

## **5. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины**

### **5.1 Литература:**

1. Химия: учебник / Л. Н. Блинов, М. С. Гутенев, И. Л. Перфилова, И. А. Соколов. — Санкт-Петербург: Лань, 2022. — 480 с. — ISBN 978-5-8114-1289-1. — Текст: электронный. — URL: <https://e.lanbook.com/book/210977> (дата обращения: 04.04.2022). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
2. Егоров, В. В. Общая химия: учебник для вузов. — 2-е изд., стер. — Санкт-Петербург: Лань, 2021. — 192 с. — ISBN 978-5-8114-6936-9. — Текст: электронный. — URL: <https://e.lanbook.com/book/153684> (дата обращения: 04.04.2022). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
3. Ахметов, Н. С. Общая и неорганическая химия: учебник для вузов. — 12-е изд., стер. — Санкт-Петербург: Лань, 2021. — 744 с. — ISBN 978-5-8114-6983-3. — Текст: электронный. — URL: <https://e.lanbook.com/book/153910> (дата обращения: 04.04.2022). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
4. Семчиков, Ю. Д. Введение в химию полимеров: учебное пособие / Ю. Д. Семчиков, С. Ф. Жильцов, С. Д. Зайцев. — 2-е изд., стер. — Санкт-Петербург: Лань, 2022. — 224 с. — ISBN 978-5-8114-1325-6. — Текст: электронный. — URL: <https://e.lanbook.com/book/210971> (дата обращения: 05.04.2022). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

### **5.2 Электронные образовательные ресурсы:**

Не требуются для реализации дисциплины.

**6. Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы:**  
Электронно-библиотечная система Лань. — <https://e.lanbook.com/>

**7. Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение, в том числе отечественного производства**

MS Office, платформа для электронного обучения Microsoft Teams.

### **8. Технические средства и материально-техническое обеспечение дисциплины**

Мультимедийная учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа, оснащенная следующими техническими средствами обучения и оборудованием: учебная мебель, доска аудиторная, мультимедийное проекционное и акустическое оборудование, персональный компьютер.

Учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа, оснащенная следующими техническими средствами обучения и оборудованием: учебная мебель, доска аудиторная.

Аудитория для самостоятельной работы оснащена следующими техническими средствами обучения и оборудованием: учебная мебель, доска аудиторная, мультимедийное проекционное и акустическое оборудование, персональные компьютеры.

УТВЕРЖДЕНО  
Заместителем директора  
Физико-технического института  
Крековым С.А.  
РАЗРАБОТЧИК  
Томчук Н.Н.

Промысловая химия  
Рабочая программа  
для обучающихся по направлению подготовки  
03.03.02 Физика  
профиль подготовки  
Фундаментальная физика  
форма обучения очная



## 1. Планируемые результаты освоения дисциплины

1.1. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения данной дисциплины: ПК-2.

1.2. Индикаторы достижения компетенций, соотнесенные с планируемыми результатами обучения:

**Знания:**

- номенклатура химических реагентов, применяемых в практике нефтепромыслового дела;
- назначение реагентов и механизм химического воздействия.

**Умения:**

- предложить возможные причины возникшего осложнения и способы решения;
- сформировать перечень применяемых реагентов для решения конкретной нефтепромысловой задачи;
- определить перечень факторов, влияющих на эффективность применения предложенных реагентов;
- предложить способы оценки показателей эффективности реагента;
- поиск и проработка методической и нормативной документации.

**Навыки:**

- выбор оптимального базового реагента для решения конкретной нефтепромысловой задачи;
- подбор рецептуры и способа применения химических составов для конкретных геолого-физических условий;
- выбор методик оценки показателей эффективности реагента;
- анализ эффективности применения реагента;
- разработка рекомендаций по использованию химических технологий в практике нефтедобычи.

## 2. Структура и трудоемкость дисциплины

Таблица 1

Вид учебной работы		Всего (ак.ч.)	Кол-во часов в семестре (ак.ч.)
			7 семестр
<b>Общая трудоемкость</b>	зач. ед.	4	4
	ак.ч.	144	144
Из них:			
<b>Часы аудиторной работы (всего):</b>		<b>64</b>	<b>64</b>
Лекции		32	32
Практические занятия		32	32
Лабораторные / практические занятия по подгруппам		0	0
<b>Часы внеаудиторной работы, включая консультации, иную контактную работу и самостоятельную работу обучающегося</b>		<b>80</b>	<b>80</b>
Вид промежуточной аттестации (зачет, диф. зачет, экзамен)			Дифференцированный зачет

## 3. Содержание дисциплины

Таблица 2

№	Тематика учебных встреч	Виды аудиторной работы (в ак.час.)			Итого аудиторных ак. часов по теме
		Лекции	Практические занятия	Лабораторные / практические занятия по подгруппам	
1	2	3	4	5	6
1	Промысловая химия	2	0	0	2
2	Вводное занятие	0	2	0	2
3	Добыча нефти	2	0	0	2
4	АСПО	0	4	0	4
5	Бурение	2	0	0	2
6	Интенсификация добычи нефти	2	0	0	2
7	Жидкости для вскрытия пласта и добычи нефти	0	4	0	4
8	Нефтеотдача пластов	2	0	0	2
9	Осложнения в нефтедобыче	2	0	0	2
10	Отложение солей	0	6	0	6
11	Ремонт скважин	2	0	0	2
12	Подготовка пластовых и закачиваемых флюидов	2	0	0	2
13	Транспорт нефти	2	0	0	2
14	Коррозия нефтепромыслового оборудования	0	8	0	8
15	Промысловые реагенты на основе органических и неорганических веществ	2	0	0	2
16	Поверхностно-активные вещества в нефтедобыче	2	0	0	2
17	Полимеры в нефтедобыче	2	0	0	2
18	Экологические аспекты	2	0	0	2
19	Другие проблемы	0	4	0	4
20	Нормативные документы	2	0	0	2
21	Рынок нефтепромысловых реагентов	4	0	0	2
22	Итоговый тест	0	4	0	4
	Итого (ак. часов)	32	32	0	64

## 4. Система оценивания

Обучающиеся, не набравшие 61 балла в течение семестра или не согласные с оценкой, полученной по итогам текущего контроля в семестре, проходят промежуточную аттестацию в форме дифференцированного зачета.

При проведении промежуточной аттестации результаты, полученные обучающимся в семестре, переводятся в формат традиционной оценки в соответствии со шкалой перевода баллов:

- 60 баллов и менее – «неудовлетворительно»;
- от 61 до 75 баллов – «удовлетворительно»;
- от 76 до 90 баллов – «хорошо»;
- от 91 до 100 баллов – «отлично».

## 5. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

### 5.1 Литература:

1. Найденко, Е. С. Органическая химия: учебное пособие / Е. С. Найденко. — Новосибирск: Новосибирский государственный технический университет, 2014. — 91 с. — ISBN 978-5-7782-2513-8. — Текст: электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART: [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/44674.html> (дата обращения: 06.04.2022). — Режим доступа: для авторизир. пользователей.
2. Семенов, И. Н. Химия: учебник для вузов / И. Н. Семенов, И. Л. Перфилова. — Санкт-Петербург: ХИМИЗДАТ, 2022. — 656 с. — ISBN 978-5-93808-389-9. — Текст: электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART: [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/122441.html> (дата обращения: 06.04.2022). — Режим доступа: для авторизир. пользователей.
3. Черезова, Е. Н. Промысловая химия: учебное пособие / Е. Н. Черезова, С. Ш. Сайгитбаталова, Е. С. Ямалеева; под редакцией Е. И. Шевченко. — Казань: Казанский национальный исследовательский технологический университет, 2015. — 100 с. — ISBN 978-5-7882-1784-0. — Текст: электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART: [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/62568.html> (дата обращения: 06.04.2022). — Режим доступа: для авторизир. пользователей.
4. Шейкина, М. А. Методы лабораторных испытаний деэмульгаторов для промышленной подготовки нефти: лабораторный практикум / М. А. Шейкина, К. А. Овчинников. — Самара: Самарский государственный технический университет, ЭБС АСВ, 2019. — 83 с. — Текст: электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART: [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/111625.html> (дата обращения: 06.04.2022). — Режим доступа: для авторизир. пользователей.
5. Кучменко, Т. А. Современная химия и химическая безопасность (теория и практика): учебное пособие / Т. А. Кучменко, В. В. Разуваев, Э. М. Ривин. — Воронеж: Воронежский государственный университет инженерных технологий, 2019. — 171 с. — ISBN 978-5-00032-422-6. — Текст: электронный. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/95383.html> (дата обращения: 06.04.2022). — Режим доступа: для авторизир. пользователей.

### 5.2 Электронные образовательные ресурсы:

<https://znanium.com/>  
<https://e.lanbook.com/>  
<http://www.iprbookshop.ru/>  
<https://library.utmn.ru/>  
<https://icdlib.nspu.ru/>  
<https://rusneb.ru/>  
<https://www.elibrary.ru/defaultx.asp>  
<https://www.prlib.ru/>

## 6. Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы:

<http://www.consultant.ru/>

Базы данных, доступные в рамках национальной подписки

<https://rd.springer.com/>  
<https://onlinelibrary.wiley.com/>  
<https://www.jstor.org/>  
<https://www.cambridge.org/core>  
Российские базы данных:  
<https://grebennikon.ru/>  
<https://dlib.eastview.com/browse>  
<https://eduvideo.online/>  
<https://www.iprbookshop.ru/>  
<https://urait.ru/>

**7. Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение, в том числе отечественного производства**

MS Office (Excel, Word, PowerPoint), платформа для электронного обучения Microsoft Teams.

**8. Технические средства и материально-техническое обеспечение дисциплины**

Мультимедийная учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа, оснащенная следующими техническими средствами обучения и оборудованием: учебная мебель, доска аудиторная, мультимедийное проекционное и акустическое оборудование, персональный компьютер.

Мультимедийная учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа, оснащенная следующими техническими средствами обучения и оборудованием: учебная мебель, доска аудиторная, мультимедийное проекционное и акустическое оборудование, персональный компьютер.

Аудитория для самостоятельной работы оснащена следующими техническими средствами обучения и оборудованием: учебная мебель, доска аудиторная, мультимедийное проекционное и акустическое оборудование, персональные компьютеры.