

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**

**Бутакова Н.Н.**

## **АНАЛИТИЧЕСКАЯ ГЕОМЕТРИЯ**

**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: УК-1, ОПК-1;
- 16.03.01 Техническая физика: УК-1, ОПК-2.

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

**Знания:** теоретических основ и практических приложений разделов аналитической геометрии, их взаимосвязи и связи с другими дисциплинами.

**Умения:** применять полученные знания при решении прикладных задач, самостоятельно осваивать математические методы для использования их в работе и научных исследованиях.

**Навыки:** владение основными методами решения задач аналитической геометрии.

## 2. Структура и трудоемкость дисциплины

Таблица 1

Вид учебной работы		Всего (ак.ч.)	Кол-во часов в семестре (ак.ч.)
			4 семестр
<b>Общая трудоемкость</b>	зач. ед.	4	4
	ак.ч.	144	144
Из них:			
<b>Часы аудиторной работы (всего):</b>		<b>80</b>	<b>80</b>
Лекции		40	40
Практические занятия		40	40
Лабораторные / практические занятия по подгруппам		0	0
<b>Часы внеаудиторной работы, включая консультации, иную контактную работу и самостоятельную работу обучающегося</b>		<b>64</b>	<b>64</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	Системы координат	2	2	0	4
2	Векторная алгебра	6	6	0	12
3	Преобразование декартовых прямоугольных координат	4	4	0	8
4	Линия на плоскости. Линия и поверхность в пространстве	4	4	0	8
5	Прямая на плоскости	4	4	0	8
6	Плоскость	4	4	0	8
7	Прямая в пространстве	6	6	0	12
8	Линии второго порядка	6	6	0	12
9	Поверхности второго порядка	4	4	0	8
	Итого (ак. часов)	40	40	0	80

#### 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. Привалов, И. И. Аналитическая геометрия: учебник для вузов. — 40-е изд., стер. — Москва: Издательство Юрайт, 2022. — 233 с. — ISBN 978-5-534-01262-0. — Текст: электронный. — URL: <https://urait.ru/bcode/490111> (дата обращения: 09.04.2022).

2. Бортаковский, А. С. Линейная алгебра и аналитическая геометрия. Практикум: учебное пособие / А. С. Бортаковский, А. В. Пантелеев. — 2-е изд., стер. — Москва: ИНФРА-М, 2019. — 352 с. — ISBN 978-5-16-010206-1. — Текст: электронный. — URL: <https://znanium.com/catalog/product/1014764> (дата обращения: 09.04.2022). — Режим доступа: по подписке.
3. Ильин, В. А. Линейная алгебра и аналитическая геометрия: учебник для студентов вузов, обучающихся по специальностям "Математика", "Прикладная математика и информатика" / В. А. Ильин, Г. Д. Ким. — 3-е изд., перераб. и доп. — Москва: Проспект, 2015. — 400 с. — ISBN 978-5-482-01878-1.
4. Сборник задач по аналитической геометрии и линейной алгебре: учеб. пособие / Л. А. Беклемишева [и др.]; ред. Д. В. Беклемишев. — 3-е изд., испр. — Санкт-Петербург: Лань, 2008. — 496 с.: ил. — ISBN 978-5-8114-0861-0.
5. Клетеник, Д. В. Сборник задач по аналитической геометрии / Д. В. Клетеник; ред. Н. В. Ефимов. — 17-е изд., стер. — Санкт-Петербург: Лань, 2014. — 224 с. — ISBN: 978-5-8114-1051-4.

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

Не требуются для реализации дисциплины.

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

Образовательная платформа Юрайт. — <https://urait.ru/>

Электронно-библиотечная система "ЗНАНИУМ". — <https://znanium.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.

Учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа 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.

ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ФИЗИКА

Рабочая программа

для обучающихся по направлению подготовки

03.03.02 Физика, для всех профилей подготовки

форма обучения очная

## 1. Планируемые результаты освоения дисциплины

1.1. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения данной дисциплины: ОПК-1, ОПК-3.

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

В результате изучения дисциплины обучающийся должен получить:

**Знания:**

основных этапов математического моделирования и численного исследования физических процессов и систем;

основных численных методов решения физических задач.

**Умения:**

применять основные численные методы для решения физических задач;

выбирать необходимый метод и составить его алгоритм.

**Навыки:**

численного решения обыкновенных дифференциальных уравнений, описывающих физические задачи;

численного решения волнового уравнения, уравнения теплопроводности и диффузии, уравнений Лапласа и Пуассона

## 2. Структура и трудоемкость дисциплины

Таблица 1

Вид учебной работы		Всего часов	Кол-во часов в семестре (ак.ч.)	
			5	6
<b>Общая трудоемкость</b>	<b>зач. ед.</b>	8	4	4
	<b>час</b>	288	144	144
Из них:				
<b>Часы аудиторной работы (всего):</b>		128	64	64
Лекции		32	16	16
Практические занятия		0	0	0
Лабораторные / практические занятия по подгруппам		96	48	48
<b>Часы внеаудиторной работы, включая консультации, иную контактную работу и самостоятельную работу обучающегося</b>		160	80	80
Вид промежуточной аттестации (зачет, диф. зачет, экзамен)			Экзамен	Экзамен

### 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	16	0	48	64
	Вычислительная физика	16	0	48	64
1	Основные определения вычислительной физики	2	0	0	2
2	Основы программирования в VBA	0	0	4	4
3	Консультация	0	0	0	0
4	Вычислительные погрешности	2	0	0	2
5	Системы счисления	0	0	4	4
6	Консультация	0	0	0	0
7	Расчёт вычислительных погрешностей	0	0	4	4
8	Консультация	0	0	0	0
9	Консультация	0	0	0	0
10	Интерполяция и экстраполяция	2	0	0	2
11	Интерполяция и экстраполяция	0	0	4	4
12	Консультация	0	0	0	0
13	Метод наименьших квадратов	0	0	4	4
14	Консультация	0	0	0	0
15	Итерационные методы	2	0	0	2
16	Итерационные методы	0	0	4	4
17	Консультация	0	0	0	0
18	Консультация	0	0	0	0
19	Методы решения систем линейных алгебраических уравнений	2	0	0	2
20	Метод Крамера	0	0	4	4
21	Консультация	0	0	0	0
22	Метод Гаусса	0	0	4	4
23	Консультация	0	0	0	0
24	Итерационные методы решения систем линейных алгебраических уравнений	2	0	0	2
25	Итерационные методы решения систем линейных алгебраических уравнений	0	0	4	4
26	Консультация	0	0	0	0

27	Консультация	0	0	0	0
28	Методы численного интегрирования	2	0	0	2
29	Методы численного интегрирования	0	0	4	4
30	Консультация	0	0	0	0
31	Формула Симпсона	0	0	4	4
32	Консультация	0	0	0	0
33	Консультация	0	0	0	0
34	Численные методы решения обыкновенных дифференциальных уравнений	2	0	0	2
35	Численные методы решения обыкновенных дифференциальных уравнений	0	0	4	4
36	Консультация перед экзаменом	0	0	0	0
37	Экзамен	0	0	0	0
	Часов в 6 семестре	16	0	48	64
	Вычислительная физика	16	0	48	64
1	Методы решения краевых задач для обыкновенных дифференциальных уравнений	2	0	0	2
2	Метод пристрелки	0	0	4	4
3	Консультация	0	0	0	0
4	Метод прогонки	0	0	4	4
5	Решение уравнений гиперболического типа с помощью явной схемы	2	0	0	2
6	Консультация	0	0	0	0
7	Решение уравнений гиперболического типа с помощью явной схемы	0	0	4	4
8	Консультация	0	0	0	0
9	Консультация	0	0	0	0
10	Методы Лакса и Лакса-Вендроффа.	2	0	0	2
11	Метод Лакса	0	0	4	4
12	Консультация	0	0	0	0
13	Методы Лакса-Вендроффа и Мак-Кормака.	0	0	4	4
14	Консультация	0	0	0	0
15	Неявная схема для волнового уравнения первого порядка	2	0	0	2
16	Неявная схема для волнового уравнения первого порядка	0	0	4	4
17	Консультация	0	0	0	0
18	Консультация	0	0	0	0
19	Явная схема для уравнений параболического типа	2	0	0	2
20	Явная схема для уравнений параболического типа	0	0	4	4
21	Консультация	0	0	0	0
22	Явная схема для неоднородных уравнений параболического типа	0	0	4	4
23	Консультация	0	0	0	0



24	Неявная схема для уравнений параболического типа	2	0	0	2
25	Неявная схема для уравнений параболического типа	0	0	4	4
26	Консультация	0	0	0	0
27	Консультация	0	0	0	0
28	Численные методы решения уравнений эллиптического типа	2	0	0	2
29	Схема "крест"	0	0	4	4
30	Консультация	0	0	0	0
31	Метод Либмана	0	0	4	4
32	Консультация	0	0	0	0
33	Консультация	0	0	0	0
34	Методы оптимизации	2	0	0	2
35	Методы оптимизации	0	0	4	4
36	Консультация перед экзаменом	0	0	0	0
37	Экзамен	0	0	0	0
	Итого (ак.часов)	32	0	96	128

## Семестр 5.

### Тема 1. Вычислительные погрешности.

Введение в вычислительную физику. Основные определения вычислительной физики. Области применения вычислительной физики. Основы теории алгоритмов. Системы счисления. Вычислительные погрешности. Погрешность округления. Погрешность численного метода.

### Тема 2. Интерполяция и экстраполяция.

Интерполяция и экстраполяция. Кусочно-линейная интерполяция. Интерполяционный полином Лагранжа. Интерполяционные формулы Ньютона. Метод наименьших квадратов. Коэффициенты метода наименьших квадратов. Программная реализация метода наименьших квадратов.

### Тема 3. Итерационные методы решения алгебраических уравнений.

Итерационные методы решения алгебраических и трансцендентных уравнений. Метод простой итерации. Итерационный метод Ньютона. Сжимающие отображения. Условие сжатия. Скорость сходимости итерационного метода Ньютона.

### Тема 4. Методы решения систем линейных алгебраических уравнений.

Методы решения систем линейных алгебраических уравнений. Метод Крамера. Метод Гаусса. Итерационные методы решения систем линейных алгебраических уравнений. Метод простой итерации для систем линейных алгебраических уравнений. Метод Зейделя.

### Тема 5. Методы численного интегрирования.

Методы численного интегрирования. Формулы Ньютона-Котеса. Метод прямоугольников. Формула трапеций. Формула Симпсона. Физические задачи, приводящие к необходимости численного интегрирования. Решение уравнения пьезопроводности. Интегральная показательная функция.

### Тема 6. Численные методы решения обыкновенных дифференциальных уравнений.

Численные методы решения обыкновенных дифференциальных уравнений. Аппроксимация первых производных. Левая, правая, центральная разности. Аппроксимация второй производной. Точность аппроксимации. Метод Эйлера. Методы Рунге-Кутты.

## Семестр 6.

### Тема 1. Методы решения краевых задач для обыкновенных дифференциальных уравнений.

Методы решения краевых задач для обыкновенных дифференциальных уравнений. Метод пристрелки. Метод прогонки.

## **Тема 2. Численные методы решения уравнений гиперболического типа.**

Численные методы решения дифференциальных уравнений в частных производных. Гиперболические уравнения. Волновое уравнение. Численная сетка. Узлы сетки. Явная конечно-разностная схема. Решение уравнений гиперболического типа с помощью явной схемы. Волновое уравнение. Порядок аппроксимации производных. Устойчивость численного решения. Сходимость решения сеточной задачи к решению дифференциальной задачи. Условие устойчивости явной схемы. Волновое уравнение первого порядка. Методы Лакса и Лакса-Вендроффа. Порядок аппроксимации производных, условия устойчивости методов Лакса и Лакса-Вендроффа. Метод Мак-Кормака. Неявная схема для волнового уравнения первого порядка. Порядок аппроксимации производных. Абсолютная устойчивость неявной схемы. Применение метода прогонки для программной реализации неявной схемы.

## **Тема 3. Численные методы решения уравнений параболического типа.**

Явная схема для уравнений параболического типа. Уравнение теплопроводности. Условие устойчивости явной схемы для уравнения теплопроводности. Порядок аппроксимации производных при использовании явной схемы для уравнений параболического типа. Неявная схема для уравнений параболического типа. Уравнение теплопроводности. Условие устойчивости неявной схемы для уравнения теплопроводности. Порядок аппроксимации производных при использовании неявной схемы для уравнений параболического типа. Смешанные схемы. Метод Кранка-Николсона.

## **Тема 4. Численные методы решения уравнений эллиптического типа.**

Численные методы решения уравнений эллиптического типа. Уравнения Пуассона и Лапласа. Схема "крест". Метод Либмана.

## **Тема 5. Методы оптимизации.**

Методы оптимизации. Задача оптимизации. Метод дихотомии. Метод градиентного спуска.

## **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 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».

Экзамен проводится в устной форме по билетам, состоящим из 2 устных вопросов и письменной 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 - "неудовлетворительно". Студентам, набравшим 61 балл и более в ходе семестра, в случае выхода на экзамен задача засчитывается автоматически. Преподаватель вправе задать студенту дополнительные вопросы, в том числе по тем темам, на занятиях по которым отсутствовал студент, в таком случае «отлично» ставится в случае 91% и более правильных ответов, «хорошо» - в случае от 76% до 90% правильных ответов, «удовлетворительно» - в случае от 61% до 75% правильных ответов.

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

### **5.1 Литература:**

1. Зализняк, В. Е. Основы вычислительной физики. Ч.1. Введение в конечно-разностные методы / В. Е. Зализняк. — Москва, Ижевск : Институт компьютерных исследований, 2019. — 252 с. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <http://www.iprbookshop.ru/92058.html> (дата обращения: 24.04.2020). — Режим доступа: для авторизир. пользователей

2. Купцов, П. В. Элементарная вычислительная физика. Компьютерная обработка данных на практических и лабораторных занятиях : учебное пособие / П. В. Купцов, А. В. Купцова. — Саратов : Саратовский государственный технический университет имени Ю.А. Гагарина, ЭБС АСВ, 2015. — 36 с. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <http://www.iprbookshop.ru/76536.html> (дата обращения: 24.04.2020). — Режим доступа: для авторизир. пользователей. - DOI: <https://doi.org/10.23682/76536>

## **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 лабораторного 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

Казанцева Т.Е.

## ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫЕ УРАВНЕНИЯ

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: УК-1, ОПК-1;
- 16.03.01 Техническая физика: УК-1, ОПК-2.

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

#### Знания:

- основные понятия, определения, теоремы учебного курса;
- методы решения основных типов дифференциальных уравнений и их систем;
- задачи физики, приводящие к решению дифференциальных уравнений и их систем.

#### Умения:

- определять тип дифференциального уравнения или системы и выбирать подходящий для этого типа метод решения;
- логически верно выстраивать ход решения;
- интерпретировать результаты решения дифференциальных уравнений и их систем с физической точки зрения.

#### Навыки:

- владение методами решения основных типов дифференциальных уравнений и их систем;
- владение математическим аппаратом учебного курса для дальнейшего использования в различных областях науки;
- решения профессионально-ориентированных задач на основе соответствующих математических методов.

## 2. Структура и трудоемкость дисциплины

Таблица 1

Вид учебной работы		Всего (ак.ч.)	Кол-во часов в семестре (ак.ч.)
			4 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>80</b>	<b>80</b>
Лекции		40	40
Практические занятия		40	40
Лабораторные / практические занятия по подгруппам		0	0
<b>Часы внеаудиторной работы, включая консультации, иную контактную работу и самостоятельную работу обучающегося</b>		<b>64</b>	<b>64</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	Вводная лекция.	2	0	0	2
2	Повторение: методы интегрирования.	0	2	0	2
3	Дифференциальные уравнения с разделяющимися переменными.	2	2	0	4
4	Однородные дифференциальные уравнения.	2	2	0	4
5	Линейные уравнения первого порядка. Уравнение Бернулли.	2	2	0	4
6	Уравнения в полных дифференциалах. Интегрирующий множитель.	2	2	0	4
7	Дифференциальные уравнения, не разрешенные относительно производной.	2	2	0	4
8	Метод введения параметра. Уравнения Лагранжа и Клеро.	2	4	0	6
9	Дифференциальные уравнения высших порядков.	2	2	0	4
10	Линейные однородные дифференциальные уравнения.	4	2	0	6
11	Линейные неоднородные дифференциальные уравнения. Метод неопределенных коэффициентов. Метод вариации.	4	4	0	8
12	Системы обыкновенных дифференциальных уравнений.	2	2	0	4
13	Системы линейных однородных дифференциальных уравнений с постоянными коэффициентами.	2	2	0	4
14	Системы линейных неоднородных дифференциальных уравнений.	2	2	0	4
15	Основы теории устойчивости.	2	2	0	4
16	Исследование траекторий в окрестности точки покоя.	2	2	0	4
17	Преобразование Лапласа и его свойства.	2	2	0	4
18	Решение дифференциальных уравнений с помощью преобразования Лапласа.	2	2	0	4

19	Применение преобразования Лапласа к задачам физики.	2	2	0	4
	Итого (ак.часов)	40	40	0	80

#### 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:

- менее 61 балла – «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. Петровский, И. Г. Лекции по теории обыкновенных дифференциальных уравнений: учебное пособие. — Москва: ФИЗМАТЛИТ, 2009. — 206 с. — ISBN 978-5-9221-1144-7. — Текст: электронный. — URL: <https://znanium.com/catalog/product/544800> (дата обращения: 10.04.2022). — Режим доступа: по подписке.
2. Казанцева, Е. В. Дифференциальные уравнения. Фазовая плоскость: учебное пособие. — Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2020. — 64 с. — ISBN 978-5-7782-4128-2. — Текст: электронный. — URL: <https://znanium.com/catalog/product/1869276> (дата обращения: 10.04.2022). — Режим доступа: по подписке.
3. Туганбаев, А. А. Дифференциальные уравнения [Электронный ресурс]: учеб. пособие. — 3-е изд., доп. — Москва: ФЛИНТА, 2012. — 34 с. — ISBN 978-5-9765-1408-9. — Текст: электронный. — URL: <https://znanium.com/catalog/product/456095> (дата обращения: 10.04.2022). — Режим доступа: по подписке.

##### 5.2 Электронные образовательные ресурсы:

Не требуются для реализации дисциплины.

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

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

#### 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.

Учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа 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.

РАЗРАБОТЧИК

Бутакова Н.Н.

ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ГЛАВЫ МАТЕМАТИКИ

Рабочая программа

для обучающихся по направлениям подготовки

03.03.02 Физика, профиль «Физика нефтяного и газового пласта»

16.03.01 Техническая физика, профиль «Техническая физика в нефтегазовых технологиях»  
форма обучения очная

## 1. Планируемые результаты освоения дисциплины

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

- 03.03.02 Физика: УК-1, ОПК-1;
- 16.03.01 Техническая физика: УК-1, ОПК-2.

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

**Знания:** теоретических основ и практических приложений разделов теории функций комплексного переменного, векторного и тензорного анализа, интегральных уравнений, вариационного исчисления, их взаимосвязи и связи с другими дисциплинами.

**Умения:** применять полученные знания при решении прикладных задач, самостоятельно осваивать математические методы для использования их в работе и научных исследованиях.

**Навыки:** владение основными методами решения задач теории функций комплексного переменного, векторного и тензорного анализа, интегральных уравнений, вариационного исчисления.

## 2. Структура и трудоемкость дисциплины

Таблица 1

Вид учебной работы		Всего (ак.ч.)	Кол-во часов в семестре (ак.ч.)
			4 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>80</b>	<b>80</b>
Лекции		40	40
Практические занятия		40	40
Лабораторные / практические занятия по подгруппам		0	0
<b>Часы внеаудиторной работы, включая консультации, иную контактную работу и самостоятельную работу обучающегося</b>		<b>64</b>	<b>64</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	Комплексные числа. Функции комплексного переменного	4	4	0	8
2	Дифференцирование и интегрирование функций комплексного переменного	6	6	0	12
3	Векторная алгебра и элементы дифференциальной геометрии	2	2	0	4
4	Понятие тензора и закон преобразования его компонент	4	4	0	8
5	Тензорная алгебра	4	4	0	8
6	Векторный и тензорный анализ	6	6	0	12
7	Определение интегральных уравнений. Основные типы уравнений	2	2	0	4
8	Интегральные уравнения Фредгольма	4	4	0	8
9	Функционал. Вариация функционала и ее свойства	2	2	0	4
10	Простейшая задача вариационного исчисления	4	4	0	8
11	Достаточные условия экстремума функционала	2	2	0	4
	Итого (ак. часов)	40	40	0	80

## 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. Гмурман, В. Е. Руководство к решению задач по теории вероятностей и математической статистике: учебное пособие для вузов. — 11-е изд., перераб. и доп. — Москва: Издательство Юрайт, 2022. — 406 с. — ISBN 978-5-534-08389-7. — Текст: электронный. — URL: <https://urait.ru/bcode/488572> (дата обращения: 11.04.2022).
2. Акивис, М. А. Тензорное исчисление: учебное пособие / М. А. Акивис, В. В. Гольдберг. — 3-е изд., перераб. — Москва: ФИЗМАТЛИТ, 2005. — 304 с. — ISBN 5-9221-0424-1. — Текст: электронный. — URL: <https://znanium.com/catalog/product/110700> (дата обращения: 11.04.2022). — Режим доступа: по подписке.
3. Сумин, Е. В. Дифференциальные уравнения: учебно-методическое пособие / Е. В. Сумин, В. Б. Шерстюков. — Москва: Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ», 2019. — 168 с. — ISBN 978-5-7262-2546-3. — Текст: электронный. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/116394.html> (дата обращения: 11.04.2022). — Режим доступа: для авторизир. пользователей.
4. Свешников, А. Г. Теория функций комплексной переменной: учебник / А. Г. Свешников, А. Н. Тихонов. — 6-е изд. — Москва: ФИЗМАТЛИТ, 2010. — 336 с. — ISBN 978-5-9221-0133-2. — Текст: электронный. — URL: <https://znanium.com/catalog/product/544573> (дата обращения: 11.04.2022). — Режим доступа: по подписке.

### 5.2 Электронные образовательные ресурсы:

Не требуются для реализации дисциплины.

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

Образовательная платформа Юрайт. — <https://urait.ru/>

Электронно-библиотечная система “ЗНАНИУМ”. — <https://znanium.com/>

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

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.

Учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа 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.

РАЗРАБОТЧИК

Геннадиник В. Б.

Квантовая теория

Рабочая программа

для обучающихся по направлению подготовки  
03.03.02 Физика, для всех профилей подготовки,  
форма обучения очная

## 1. Планируемые результаты освоения дисциплины

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

ОПК-1

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

В результате освоения дисциплины «Квантовая теория» обучающийся должен получить:

#### знания:

- основные понятия квантовой теории;
- основные законы квантовой механики, эволюцию квантовых состояний с течением времени;
- связь квантовой теории с классической механикой;
- элементарную теорию представлений;
- основы квазирелятивистской теории движения частицы во внешнем поле;
- квантовую теорию систем тождественных частиц.

#### умения:

- применять основные понятия и законы теории при решении задач;
- исследовать полученные результаты на приближенных моделях;
- применять методы теории возмущений;
- применять квазиклассический метод решения задач квантовой механики;
- применять вариационный метод при решении задач.

#### навыки:

- навыки работы в рамках изучаемых методов;
- математический аппарат квантовой теории.

## 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 профиля подготовки

### 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
	Квантовая теория	32	32	0	64
1	Понятия квантовой теории	2	0	0	2
2	Линейные операторы 1	0	2	0	2
3	Консультация перед экзаменом	0	0	0	0
4	Изменение квантовых состояний с течением времени	2	0	0	2
5	Волновая функция	0	2	0	2
6	Консультация перед экзаменом	0	0	0	0
7	Стационарное уравнение Шредингера	2	0	0	2
8	Стационарное уравнение Шредингера 1	0	2	0	2
9	Консультация перед экзаменом	0	0	0	0
10	Элементы теории представлений	2	0	0	2
11	Стационарное уравнение Шредингера 2	0	2	0	2
12	Консультация перед экзаменом	0	0	0	0
13	Теория моментов 1	2	0	0	2
14	Стационарное уравнение Шредингера 3	0	2	0	2
15	Консультация перед экзаменом	0	0	0	0
16	Теория моментов 2	2	0	0	2
17	Теория моментов	0	2	0	2
18	Консультация перед экзаменом	0	0	0	0
19	Движение частицы в центральном поле	2	0	0	2
20	Контрольная работа	0	2	0	2
21	Консультация перед экзаменом	0	0	0	0
22	Приближенные методы квантовой теории 1	2	0	0	2
23	Движение частицы в центральном поле 1	0	2	0	2
24	Консультация перед экзаменом	0	0	0	0

25	Приближенные методы квантовой теории 2	2	0	0	2
26	Движение частицы в центральном поле 2	0	2	0	2
27	Консультация перед экзаменом	0	0	0	0
28	Основы релятивистской теории 1	2	0	0	2
29	Квазиклассическое приближение	0	2	0	2
30	Консультация перед экзаменом	0	0	0	0
31	Основы релятивистской теории 2	2	0	0	2
32	Теория возмущений 1	0	2	0	2
33	Консультация перед экзаменом	0	0	0	0
34	Основы релятивистской теории 3	2	0	0	2
35	Теория возмущений 2	0	2	0	2
36	Консультация перед экзаменом	0	0	0	0
37	Квантовая теория тождественных частиц 1	2	0	0	2
38	Уравнение Дирака 1	0	2	0	2
39	Консультация перед экзаменом	0	0	0	0
40	Квантовая теория тождественных частиц 2	2	0	0	2
41	Уравнение Дирака 2	0	2	0	2
42	Консультация перед экзаменом	0	0	0	0
43	Вторичное квантование 1	2	0	0	2
44	Тождественные частицы	0	2	0	2
45	Консультация перед экзаменом	0	0	0	0
46	Вторичное квантование 2	2	0	0	2
47	Проверка домашних заданий	0	2	0	2
48	Консультация перед экзаменом	0	0	0	0
49	Дифференцированный зачёт	0	0	0	0
	Итого (ак. часов)	32	32	0	64

\* в зависимости от профиля подготовки

#### 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:

- 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:

###### Основная литература:

1. Ландау Л.Д. Теоретическая физика : учеб. пособие для физ. спец. ун-тов / Москва : Наука, 1974. Т. 3: Квантовая механика. Нерелятивистская теория.



2. Львовский А. Отличная квантовая механика = Quantum physics : учебное пособие : в 2 ч. / перевод с английского Н. Лисовой. Москва : Альпина нон-фикшн, 2019.

#### **Дополнительная литература:**

1. Балашов, В. В. Курс квантовой механики / В. В. Балашов, В. К. Долинов. — 2-е изд. — Ижевск : Институт компьютерных исследований, 2019. — 336 с. — ISBN 978-5-4344-0603-1. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <http://www.iprbookshop.ru/91940.html> (дата обращения: 12.11.2022). — Режим доступа: для авторизир. пользователей
2. Толмачев, В. В. Основы квантовой механики : учебное пособие / В. В. Толмачев, А. А. Федотов, С. В. Федотова. — Москва, Ижевск : Регулярная и хаотическая динамика, Институт компьютерных исследований, 2019. — 240 с. — ISBN 978-5-4344-0754-0. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <http://www.iprbookshop.ru/91974.html> (дата обращения: 12.11.2022). — Режим доступа: для авторизир. пользователей
3. Парфенов, П. С. Квантовая механика : методическое пособие к практикуму по квантовой физике / П. С. Парфенов. — Санкт-Петербург : Университет ИТМО, 2012. — 133 с. — ISBN 2227-8397. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <http://www.iprbookshop.ru/66502.html> (дата обращения: 12.11.2022). — Режим доступа: для авторизир. пользователей
4. Ведринский, Р. В. Квантовая механика : учебник / Р. В. Ведринский. — Ростов-на-Дону : Издательство Южного федерального университета, 2009. — 384 с. — ISBN 978-5-9275-0706-1. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <http://www.iprbookshop.ru/46976.html> (дата обращения: 12.11.2022). — Режим доступа: для авторизир. пользователей
5. Аринштейн, Э. А. Элементы теоретической физики : учебное пособие / Э. А. Аринштейн. — Тюмень : ТюмГУ, 2011. — 164 с. — ISBN 978-5-400-00524-4. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/109687> (дата обращения: 17.11.2022). — Режим доступа: для авториз. пользователей

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

1. Калькулятор Интегралов – <https://www.integral-calculator.ru/>.
2. Калькулятор Производных – <https://www.derivative-calculator.net/>.
3. Построение графиков функций онлайн – <http://www.yotx.ru/>.

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

Не используются

#### **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

Вершинин В. Е.

ЛИНЕЙНЫЕ И НЕЛИНЕЙНЫЕ УРАВНЕНИЯ

Рабочая программа

для обучающихся по направлениям 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: ОПК-1.

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

В результате освоения дисциплины «Линейные и нелинейные уравнения» обучающийся должен получить:

**знания:**

- классификации уравнений в частных производных
- методов решения основных классических уравнений математической физики,
- теории специальных функций

**умения:**

- записывать начальные и граничные условия для краевых задач при описании различных физических процессов
- упрощать уравнения с помощью замены переменной
- решать краевые задачи и задачи Коши для линейных уравнений с частными производными первого и второго порядка с использованием соответствующего условиям метода

**навыки:**

- Владение методами построения математических моделей
- Владение методом бегущих волн для решения задач Коши для уравнений гиперболического типа
- Владение методом разделения переменных для решения краевых задач
- Владение методом функций Грина (источника) для решения краевых задач и задач Коши
- Владение методом интегральных преобразований для решения краевых задач и задач Коши
- Владение навыками решения краевых задач для уравнений с частными производными,

## 2. Структура и трудоемкость дисциплины

Таблица 1

Вид учебной работы		Всего часов	Кол-во часов в семестре (ак.ч.)
			5(7)* семестр
<b>Общая трудоемкость</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 консультации, иную контактную работу и самостоятельную работу обучающегося</b>		76	76
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(7)* семестре	34	34	0	68
	Линейные и нелинейные уравнения	34	34	0	68
1	Физические задачи, приводящие к уравнениям в частных производных занятие 1	2	0	0	2
2	Физические задачи, приводящие к уравнениям в частных производных	0	2	0	2
3	Классификация УЧП. Приведение УЧП второго порядка к каноническому виду	2	0	0	2
4	Приведение УЧП второго порядка к каноническому виду	0	2	0	2
5	Методы решения задач для УЧП первого порядка.	2	0	0	2
6	Методы решения задач для УЧП первого порядка.	0	2	0	2
7	Консультация	0	0	0	0
8	Метод бегущих волн при решении задач гиперболического типа.	2	0	0	2
9	Метод бегущих волн при решении задач гиперболического типа.	0	2	0	2
10	Консультация	0	0	0	0
11	Решение полуограниченных краевых задач гиперболического типа	2	0	0	2
12	Решение полуограниченных краевых задач гиперболического типа	0	2	0	2
13	Консультация	0	0	0	0
14	Метод разделения переменных при решении ограниченных краевых задач гиперболического типа	2	0	0	2
15	Метод разделения переменных при решении ограниченных краевых задач гиперболического типа	0	2	0	2
16	Консультация	0	0	0	0

17	Уравнения параболического типа . Принцип максимума.	2	0	0	2
18	Краевые задачи для уравнений параболического типа .Метод разделения переменных	0	2	0	2
19	Консультация	0	0	0	0
20	Неоднородные краевые задачи для уравнений параболического типа	2	0	0	2
21	Неоднородные краевые задачи для уравнений параболического типа	0	2	0	2
22	Консультация	0	0	0	0
23	Задача Коши для уравнений параболического типа	2	0	0	2
24	Задача Коши для уравнений параболического типа	0	2	0	2
25	Консультация	0	0	0	0
26	Фундаментальные решения уравнений эллиптического типа	2	0	0	2
27	Фундаментальные решения уравнений эллиптического типа	0	2	0	2
28	Консультация	0	0	0	0
29	Интегральное представление гармонических функций. Функция источника для краевых задач эллиптического типа	2	0	0	2
30	Интегральное представление гармонических функций. Функция источника для краевых задач эллиптического типа	0	2	0	2
31	Консультация	0	0	0	0
32	Применение специальных функций для решения краевых задач УЧП	2	0	0	2
33	Применение специальных функций для решения краевых задач УЧП	0	2	0	2
34	Консультация	0	0	0	0
35	Методы интегральных преобразований	2	0	0	2
36	Методы интегральных преобразований	0	2	0	2
37	Консультация	0	0	0	0
38	Методы интегральных преобразований	2	0	0	2
39	Методы интегральных преобразований	0	2	0	2
40	Консультация	0	0	0	0
41	Методы решений нелинейных УЧП 1 порядка	2	0	0	2
42	Методы решений нелинейных УЧП 1 порядка	0	2	0	2
43	Консультация	0	0	0	0
44	Нелинейные УЧП 2 порядка и выше	2	0	0	2
45	Нелинейные УЧП 2 порядка	0	2	0	2
46	Консультация	0	0	0	0

47	Численные методы решения нелинейных уравнений математической физики.	2	0	0	2
48	Консультация	0	0	0	0
49	Численные методы решения нелинейных уравнений математической физики. ний математической физики.	0	2	0	2
50	Консультация	0	0	0	0
51	Дифференцированный зачёт	0	0	0	0
	Итого (ак.часов)	34	34	0	68

\* В зависимости от профиля подготовки

#### 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.

В случае, если обучающиеся внимательно прочитают данный документ и обратят внимание Вершинина В.Е. на этот пункт, они имеют право получить автоматом положительную оценку по дисциплине не ниже «хорошо» (на выбор преподавателя). Обратиться к Вершинину В.Е. нужно не позднее дня экзамена (согласно текущему расписанию сессии).

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. Лесин, В. В. Уравнения математической физики : учебное пособие / В. В. Лесин. - Москва : КУРС : ИНФРА-М, 2020. - 240 с. - ISBN 978-5-906818-61-4. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/961832> (дата обращения: 01.04.2022). – Режим доступа: по подписке.

2. Владимиров, В. С. Уравнения математической физики : учебник для вузов / В. С. Владимиров, В. В. Жаринов. - 2-е изд., стер. - Москва : ФИЗМАТЛИТ, 2008. - 400 с. - ISBN 978-5-9221-0310-7. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/169279> (дата обращения: 01.04.2022). – Режим доступа: по подписке.

##### 5.2 Электронные образовательные ресурсы:

<http://elibrary.ru/defaultx.asp>

[http://www.tnmlib.ru/jirbis/index.php?option=com\\_bookmarks&Itemid=6119&task=view&id=1449](http://www.tnmlib.ru/jirbis/index.php?option=com_bookmarks&Itemid=6119&task=view&id=1449)

[http://link.springer.com javascript:void\(0\);](http://link.springer.com javascript:void(0);)

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

Не используются в данной дисциплине.

## **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 (на 75 посадочных мест, оснащенная меловой доской).

Учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа оснащена следующими техническими средствами обучения и оборудованием: учебная мебель, доска аудиторная (на 30 посадочных мест, оснащенная меловой доской).

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

Мусакаев Н.Г.

МЕХАНИКА МНОГОФАЗНЫХ СИСТЕМ

Рабочая программа

для обучающихся по направлению подготовки

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: ОПК-1.

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

**Знания:**

- основных понятий, основных гипотез и уравнений механики многофазных систем (ММС),
- основной терминологии теории газожидкостного течения в каналах,
- установившихся и неустановившихся течений однофазных и многофазных смесей в различных структурах.

**Умения:**

- выбирать модель однофазных и многофазных сред,
- записывать в математической форме основные законы сохранения массы, импульсов и энергии в интегральной, алгебраической и дифференциальной форме,
- формулировать замкнутые системы уравнений и граничные условия,
- решать характерные задачи механики многофазных сред.

**Навыки:**

- постановки задач о течении жидкости и газа,
- владения методами теории размерностей применительно к решению задач ММС,
- представления и анализа результатов расчетов однофазных и многофазных течений в различных системах.

## 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.	<b>4</b>	<b>4</b>
	ак.ч.	<b>144</b>	<b>144</b>
Из них:			
<b>Часы аудиторной работы (всего):</b>		<b>68</b>	<b>68</b>
Лекции		34	34
Практические занятия		34	34
Лабораторные / практические занятия по подгруппам		0	0
<b>Часы внеаудиторной работы, включая консультации, иную контактную работу и самостоятельную работу обучающегося</b>		<b>76</b>	<b>76</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	Понятие многофазной среды, гомогенные и гетерогенные смеси. Предмет, задачи и основные гипотезы ММС.	2	0	0	2
2	Эйлерово и лагранжево описания движения сплошной среды. Многоскоростной континуум, материальная производная.	0	2	0	2
3	Траектории и линии тока. Стационарные и нестационарные течения. Потенциальные течения.	2	0	0	2
4	Уравнения сохранения масс, импульсов и энергии для составляющих континуума и всей смеси в целом.	2	0	0	2
5	Области распространения газожидкостных потоков. Отличительные свойства жидкостей и газов.	2	0	0	2
6	Газожидкостные течения, основные определения.	2	0	0	2
7	Газожидкостные течения, расчетные соотношения.	0	2	0	2
8	Газожидкостные течения, унос жидкости газом.	0	2	0	2
9	Виды агрегатного состояния тел. Фазовая диаграмма. Теплоемкости многокомпонентных смесей.	0	2	0	2
10	Термодинамические процессы изменения состояния вещества.	2	0	0	2
11	Политропный процесс, основные определения и расчетные соотношения.	0	4	0	2
12	Расчетные соотношения для различных установок.	0	2	0	2
13	Истечения газов через суживающиеся сопла.	0	2	0	2
14	Расчетные соотношения для газотурбинных установок.	0	2	0	2
15	Определение параметры состояния в крайних точках цикла газотурбиной установки простейшей схемы.	0	2	0	2

16	Двухпараметрические жидкости и газы, уравнения состояния (удельная внутренняя энергия и энтальпия).	2	0	0	2
17	Двухпараметрические жидкости и газы, уравнения состояния (удельная свободная энергия и удельный химический потенциал Гиббса).	2	0	0	2
18	Двухпараметрические жидкости и газы, термодинамические тождества для уравнений состояния.	2	0	0	2
19	Двухпараметрические жидкости и газы, выражения для расчета теплоемкостей и коэффициентов измерения объема и давления.	0	2	0	2
20	Уравнения состояния для квазисовершенного газа.	2	0	0	2
21	Уравнения состояния для газа Ван-дер-Ваальса.	2	0	0	2
22	Анализ размерностей физических величин, используемых в ММС. Системы и классы систем единиц измерения. Теорема для набора величин с независимой размерностью.	2	0	0	2
23	Анализ размерностей физических величин, используемых в ММС. Теорема о наибольшем числе величин в наборе величин с независимыми размерностями.	2	0	0	2
24	Анализ размерностей физических величин, используемых в ММС. Теорема о преобразовании единиц измерения в пределах выбранного класса.	2	0	0	2
25	Анализ размерностей физических величин, используемых в ММС. Теорема о размерности определяемой величины, переход к безразмерным параметрам.	2	0	0	2
26	Применение метода теории размерностей к решению задач ММС. Физическое подобие процессов. Критерии подобия.	2	0	0	2
27	Применение метода теории размерностей к решению задач ММС. Задачи о силе, действующей на сферу.	0	2	0	2
28	Применение метода теории размерностей к решению задач ММС. Задача о свободной конвекции.	0	2	0	2
29	Применение метода теории размерностей к решению задач ММС. Задача о гидравлическом сопротивлении при течении жидкости в горизонтальной трубе.	0	2	0	2
30	Постановка задачи восходящего газожидкостного течения в скважине, оснащенной установкой электроцентробежных насосов.	0	2	0	2

31	Математическая модель течения газожидкостной смеси в оснащенной электроцентробежным насосом скважине.	0	2	0	2
	Итого (ак. часов)	32	32	0	64

#### 4. Система оценивания.

В качестве форм текущего контроля используются решение задач на практических занятиях и контрольные работы, которые позволяют оценить уровень овладения обучающимися знаниями по предмету.

В течение семестра на практических занятиях проводятся 4 контрольные работы. Контрольная работа № 1 состоит из 3 задач и оценивается до 5 баллов (0–3 баллов за каждую задачу), контрольные работы № 2–4 состоят из одной задачи и оцениваются до 25 баллов за каждую работу.

Также дополнительно студент может набрать баллы за решение задач, предназначенных для проведения практических занятий, оцениваемых по пятибалльной шкале. Решение необходимо продемонстрировать преподавателю и обосновать его.

**Примерные критерии** оценивания решения задач (указаны проценты от используемой шкалы оценивания – 5-балльной или 25-балльной):

0% от используемой шкалы оценивания (0 баллов):

- решение задачи не приведено;
- есть попытка решить задачу, но основные формулы или условия задачи приведены ошибочно;

- студент не поясняет ход решения или его пояснения содержат грубые ошибки;

30% от шкалы оценивания:

- правильно приведены основные формулы, но рассуждения в ходе решения содержат грубые ошибки;

- задача решена в общем виде, но отсутствуют количественные расчеты;

- отсутствуют необходимые рисунки или построения;

- студент поясняет ход решения в общем виде;

70% от шкалы оценивания:

- ход решения верный, но в выводах формул или расчетах есть незначительные ошибки;

- неверно определены размерности используемых/полученных величин;

- студент поясняет ход решения, но допускает незначительные ошибки в рассуждениях;

100% от шкалы оценивания:

- задача решена правильно, есть все необходимые расчеты и комментарии, студент верно поясняет ход решения.

Во время последней контрольной недели семестра преподаватель подводит итоги работы каждого студента и объявляет результаты студентам.

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».

Если студент не согласен с отметкой, полученной по итогам семестра, ему предоставляется право сдавать дифференцированный зачет.

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

### 5.1. Литература:

1. Теплообмен 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.

2. Нигматулин, Р. И. Механика сплошной среды. Кинематика. Динамика. Термодинамика. Статистическая динамика / Р. И. Нигматулин. — Москва: Гэотар-Медиа, 2014. — 640 с. — ISBN 978-5-9704-2898-6. — Текст: непосредственный.

3. Моргунов, К. П. Механика жидкости и газа: учебное пособие / К. П. Моргунов. — 2-е изд., испр. и доп. — Санкт-Петербург: Лань, 2018. — 208 с. — ISBN 978-5-8114-3278-3. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/109512> (дата обращения: 13.03.2022). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

4. Губайдуллин, А. А. Введение в механику сплошной среды: учебное пособие / А. А. Губайдуллин. — Тюмень: ТюмГУ, 2020. — 207 с. — ISBN 978-5-400-01606-6. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/181359> (дата обращения: 13.03.2022). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

5. Мусакаев, Н. Г. Течения газожидкостных смесей в каналах: теория и вычислительный эксперимент: учебное пособие / Н. Г. Мусакаев. — Тюмень: Тюменский государственный университет, 2017. — 148 с. — ISBN 978-5-400-01394-2. — Текст: непосредственный.

### 5.2. Электронные образовательные ресурсы:

1. Электронная библиотека Попечительского совета механико-математического факультета Московского государственного университета. — <http://lib.mexmat.ru>

2. SPIE Digital Library. Библиотека статей, охватывающих информационные технологии, защиту и промышленный контроль, микро- и нанотехнологии, электронную обработку изображений и данных, оптику и электрооптику. — <http://spiedl.org/>

3. Справочники по химии. — <https://science-of-synthesis.thieme.com/>

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

1. Электронно-библиотечная система Лань. — <https://e.lanbook.com/>

2. 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 и семинарского 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

Губайдуллин А.А.

МЕХАНИКА СПЛОШНЫХ СРЕД

Рабочая программа

для обучающихся по направлениям подготовки

03.03.02 Физика, профиль «Физика нефтяного и газового пласта»,

16.03.01 Техническая физика, профиль «Техническая физика»

форма обучения очная

## 1. Планируемые результаты освоения дисциплины

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

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

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

Учащийся показывает

**Знания:** основные понятия: система многих частиц как континуум; эйлерово и лагранжево описание движения сплошной среды; скалярное, векторное и тензорное поля; деформация, тензоры деформаций и скоростей деформаций; поверхностные и объемные силы, тензор напряжений; дифференциальные уравнения сохранения массы, импульса, момента количества движения, энергии; идеальная, вязкая, ньютоновская жидкости, уравнение Навье-Стокса, течения Куэтта и Пуазейля; упругое и линейно-упругое изотропное тела, закон Гука, уравнение Ляме.

**Умения:** применять методы МСС при решении задач на явления переноса, решать континуальные уравнения сохранения, записывать уравнения состояния при формировании замкнутой системы уравнений гидродинамики; применять расчетные формулы при решении задач.

**Навыки:** владение математическим аппаратом механики сплошных сред, ее аксиоматикой и методами решения задач.

## 2. Структура и трудоёмкость дисциплины

Таблица 1

Вид учебной работы	Всего (ак.ч.)	Кол-во часов в семестре (ак.ч.)
		6 семестр
<b>Общая трудоёмкость</b> зач. ед. ак. ч.	4	4
	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
1	Основные гипотезы МСС. Эйлера и лагранжево описание движения.	4	4	0	8
2	Линии тока и траектории.	2	2	0	4
3	Тензор 2-го ранга. Операции с тензорами.	8	8	0	16
4	Эйлеров и лагранжевы тензоры деформаций. Тензор скоростей деформаций.	4	4	0	8
5	Уравнение неразрывности.	2	2	0	4
6	Вектор напряжений. Тензор напряжений.	2	2	0	4
7	Уравнение импульсов. Уравнение кинетической и внутренней энергии.	4	4	0	8
8	Идеальная жидкость.	4	4	0	8
9	Упругое тело.	2	2	0	4
	Итого (ак.часов)	32	32	0	64

### 4. Система оценивания

На учебных занятиях оценивается работа в аудитории при проведении практических занятий (0 – 5 баллов за решение задач на учебной встрече).

Преподаватель может использовать систему штрафов, уменьшая набранные баллы за пропуски занятий без уважительных причин, за непредоставление выполненных домашних заданий на проверку, за систематический отказ отвечать на занятиях и т.д. Возможно также начисление премиальных баллов за работы, выполненные студентом на высоком уровне.

В семестре предусмотрена контрольная работа, состоящая из 5 задач. Каждая правильно выполненная задача оценивается в 1 балл. Если при решении в задаче допущена ошибка или задача решена не до конца, то она считается не выполненной.

Форма промежуточной аттестации — дифференцированный зачёт. Сдаче дифференцированного зачёта подлежат студенты, по итогам семестра набравшие количество баллов, соответствующее оценке «неудовлетворительно», а также студенты, желающие повысить свою оценку.

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

- менее 61 балла – «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. Губайдуллин, А. А. Введение в механику сплошной среды: учебное пособие / А. А. Губайдуллин. — Тюмень: ТюмГУ, 2020. — 207 с. — ISBN 978-5-400-01606-6. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/181359> (дата обращения: 13.03.2022). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

2. Нигматулин, Р. И. Механика сплошной среды: кинематика, динамика, термодинамика, статистическая динамика: учебник для студентов вузов, обучающихся по специальности 010701 «Фундаментальная математика и механика» и направлению подготовки 010800 «Механика и математическое моделирование» / Р. И. Нигматулин. — Москва: ГЭОТАР-Медиа, 2014. — 640 с.

3. Димитриенко, Ю. И. Нелинейная механика сплошной среды учебное пособие / Ю. И. Димитриенко. — Москва: ФИЗМАТЛИТ, 2009. — 624 с. — ISBN 978-5-9221-1110-2. - Текст: электронный. — URL: <https://znanium.com/catalog/product/544776> (дата обращения: 13.03.2022). — Режим доступа: по подписке.

4. Победря, Б. Е. Основы механики сплошной среды. Курс лекций / Б. Е. Победря, Д. В. Георгиевский. — Москва: ФИЗМАТЛИТ, 2006. — 272 с. — ISBN 5-9221-0649-X. — Текст: электронный. — URL: <https://znanium.com/catalog/product/544635> (дата обращения: 13.03.2022). — Режим доступа: по подписке.

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

Не требуются для реализации дисциплины.

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

ЭБС Лань. — <https://e.lanbook.com/>

Электронно-библиотечная система “ЗНАНИУМ”. — <https://znanium.com/>

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 и семинарского 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

Креков С.А.

ОПТИКА

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:

Направление 03.03.02 Физика: ОПК-1, ОПК-2.

Направление 16.03.01 Техническая физика: ОПК-1, ОПК-3.

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

В результате освоения дисциплины "Оптика" обучающиеся направлений 03.03.02 Физика и 16.03.01 Техническая физика должны иметь:

#### Знания:

– основ геометрической оптики: законов преломления и отражения, прохождения лучей в оптических системах;

– основных явлений волновой оптики: интерференции, дифракции, поляризации, дисперсии света;

– основных явлений квантовой оптики: теплового излучения, фотоэффекта, спонтанного и вынужденного излучения;

– методов измерений и исследований, основанных на различных оптических эффектах.

#### Умения:

– применять физические понятия, законы и расчетные формулы при решении конкретных задач;

– получать расчетные формулы для различных оптических установок и систем;

– интегрировать знания оптических явлений с другими областями физики.

#### Навыки:

– владения математическим аппаратом описания оптических явлений и законов;

– работы с оптическими инструментами и установками.

## 2. Структура и трудоемкость дисциплины

Таблица 1

Вид учебной работы		Всего часов	Кол-во часов в семестре (ак.ч.)
			5(7)* семестр
<b>Общая трудоемкость</b>	зач. ед.	<b>10(8)*</b>	<b>10(8)*</b>
	час	<b>360(288)*</b>	<b>360(288)*</b>
Из них:			
<b>Часы аудиторной работы (всего):</b>		<b>152</b>	<b>152</b>
Лекции		34	34
Практические занятия		50	50
Лабораторные / практические занятия по подгруппам		68	68
<b>Часы внеаудиторной работы, включая консультации, иную контактную работу и самостоятельную работу обучающегося</b>		<b>208(136)*</b>	<b>208(136)*</b>
Вид промежуточной аттестации (зачет, диф. зачет, экзамен)			Экзамен

\* – в соответствии с учебным планом профиля.

## 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
	<b>Оптика (семинары)</b>	<b>0</b>	<b>50</b>	<b>0</b>	<b>50</b>
1.	Основные фотометрические понятия и величины	0	8	0	8
2.	Преломление и отражение волн на плоской границе двух диэлектриков	0	8	0	8
3.	Геометрическая оптика. Линзы, зеркала. Центрированные системы.	0	8	0	8
4.	Контрольная работа № 1	0	2	0	2
5.	Интерференция света	0	8	0	8
6.	Дифракция света	0	8	0	2
7.	Контрольная работа № 2	0	2	0	2
8.	Анизотропные среды. Поляризационные приборы и приспособления	0	4	0	2
9.	Тепловое излучение. Фотоэффект	0	2	0	2
	<b>Оптика (лабораторные занятия)</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>68</b>	<b>68</b>
10.	Вводное занятие	0	0	2	2
11.	Лабораторные работы № 1-12	0	0	48	48
12.	Текущий контроль, защита лабораторных работ	0	0	18	18
	<b>Оптика (лекции)</b>	<b>34</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>34</b>
13.	Электромагнитная природа света (часть 1)	2	0	0	2
14.	Электромагнитная природа света (часть 2)	2	0	0	2
15.	Основные фотометрические понятия и величины	2	0	0	2
16.	Преломление и отражение волн на плоской границе двух диэлектриков	2	0	0	2
17.	Геометрическая оптика. Тонкие линзы	2	0	0	2
18.	Геометрическая оптика. Оптические системы	2	0	0	2
19.	Двухлучевая интерференция	2	0	0	2
20.	Многолучевая интерференция	2	0	0	2
21.	Дифракция Френеля	2	0	0	2
22.	Дифракция Фраунгофера	2	0	0	2
23.	Рассеяние света	2	0	0	2
24.	Двойное лучепреломление	2	0	0	2
25.	Поляризационные устройства. Вращение плоскости поляризации	2	0	0	2

26.	Дисперсия и поглощение света	2	0	0	2
27.	Тепловое излучение	2	0	0	2
28.	Люминесценция и фотохимия	2	0	0	2
29.	Оптические квантовые генераторы	2	0	0	2
	<b>Оптика (экзамен)</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
30.	Консультация перед экзаменом	0	0	0	0
31.	Экзамен	0	0	0	0
	<b>Итого (академических часов)</b>	<b>34</b>	<b>50</b>	<b>68</b>	<b>152</b>

### Содержание дисциплины по темам

#### **Тема 1. Электромагнитная природа света. Основные характеристики электромагнитных волн.**

Структура и характеристики электромагнитных волн: частота, длина волны, волновое число, волновой вектор. Особенности оптического диапазона, видимого диапазона. Волновое уравнение, уравнение плоской бегущей волны. Гауссов пучок. Импульс электромагнитной волны. Сложение электромагнитных волн: биения, стоячая волна. Опыт Винера. Поляризация электромагнитных волн, виды поляризации. Поперечный и продольный эффект Доплера.

#### **Тема 2. Основные фотометрические понятия и величины.**

Энергетическая и светотехнические характеристики излучения. Соотношение между ними. Абсолютная и относительная световая эффективность.

#### **Тема 3. Преломление и отражение волн на плоской границе двух диэлектриков.**

Формулы Френеля. Интенсивность отраженной и преломленной волн. Закон Брюстера. Фазовые соотношения в падающей, отраженной и преломленной волнах. Потеря полуволны при отражении. Полное внутреннее отражение.

#### **Тема 4. Геометрическая оптика. Линзы, зеркала, призмы. Центрированные системы.**

Законы геометрической оптики. Преломление на сферической поверхности. Тонкие линзы. Толстые линзы. Центрированные оптические системы. Микроскоп, телескоп. Построение изображений в оптических системах. Аберрации оптических систем.

#### **Тема 5. Интерференция света.**

Условия наблюдения интерференции. Когерентные источники. Оптическая разность хода. Условия интерференционных максимумов и минимумов. Осуществление когерентных источников в оптике. Интерференция от точечных источников и источников конечного размера. Многолучевая интерференция. Кривые равного наклона и равной толщины. Кольца Ньютона. Просветление оптики. Интерференционные фильтры и зеркала. Интерферометры Фабри-Перо, Релея, Майкельсона.

#### **Тема 6. Дифракция света.**

Принцип Гюйгенса-Френеля. Метод зон Френеля. Дифракция на круглом отверстии, экране. Зонная пластинка. Дифракция на прямоугольном крае экрана. Дифракция на щели. Распределение интенсивности в дифракционной картине. Дифракционная решетка. Характеристики дифракционных решеток. Критерий Релея. Дифракция на многомерных структурах. Рентгеноструктурный анализ. Физические основы голографии.

#### **Тема 7. Анизотропные среды. Поляризационные приборы и приспособления.**

Двойное лучепреломление. Обыкновенный и необыкновенный лучи. Поляризация при двойном лучепреломлении. Тензор диэлектрической проницаемости. Эллипсоид лучевых скоростей. Построения Гюйгенса в одноосных кристаллах. Поляризационные призмы. Интерференция поляризованных волн. Пластинка в четверть волны. Вращение плоскости поляризации. Оптические изомеры. Эффект Фарадея. Искусственная анизотропия.

#### **Тема 8. Рассеяние света.**

Релеевское рассеяние. Законы рассеяния света для среды Тиндаля. Молекулярное рассеяние. Комбинационное рассеяние. Его использование для исследования структуры молекул.

**Тема 9. Дисперсия света. Излучение и поглощение света.**

Фазовая и групповая скорости. Нормальная и аномальная дисперсии. Электронная теория дисперсии. Комплексный показатель преломления. Закон Бугера-Ламберта-Бера. Фотометрический метод анализа.

**Тема 10. Тепловое излучение.**

Излучение абсолютно черного тела. Закон Кирхгофа. Законы Стефана-Больцмана, Вина. Кризис классической теории излучения. Формула Планка. Оптическая пирометрия.

**Тема 11. Фотоэффект.**

Виды фотоэффекта. Экспериментальные законы Столетова. Объяснение фотоэффекта с волновой и с квантовой точек зрения. Фотоэлементы, фотодиоды.

**Тема 12. Квантовые усилители и генераторы.**

Спонтанные и вынужденные переходы. Коэффициенты Эйнштейна. Инверсная заселенность. Оптические резонаторы. Оптические квантовые генераторы (лазеры). Свойства лазерного излучения. Основные типы лазеров: рубиновые, гелий-неоновые, лазеры на красителях.

**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 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».

**5. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины****5.1. Литература:**

1. Ландсберг, Г. С. Оптика: учебное пособие для вузов / Г. С. Ландсберг. — 7-е изд., стер. — Москва: ФИЗМАТЛИТ, 2017. — 852 с. — ISBN 978-5-9221-1742-5. — Текст: электронный. — URL: <https://znanium.com/catalog/product/1223523> (дата обращения: 18.04.2022). — Режим доступа: по подписке.

2. Сивухин, Д. В. Общий курс физики: учебное пособие / Д. В. Сивухин. — 3-е изд. — Москва: ФИЗМАТЛИТ, 2002. — 792 с. — ISBN 5-9221-0228-1. — Текст: электронный. — URL: <https://znanium.com/catalog/product/944794> (дата обращения: 18.04.2022). — Режим доступа: по подписке.

3. Маскевич, А. А. Оптика: учебное пособие / А. А. Маскевич. — Москва: НИЦ Инфра-М; Минск: Нов. знание, 2012. — 656 с.: ил. — ISBN 978-5-16-005678-4. — Текст: электронный. — URL: <https://znanium.com/catalog/product/306513> (дата обращения: 18.04.2022). — Режим доступа: по подписке.

**5.2. Электронные образовательные ресурсы:**

На усмотрение обучающихся))

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

Не используются.

## **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.

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

Учебная аудитория для проведения занятий лабораторного типа подключена к водопроводу и канализации, оборудована устройствами для полного затемнения окон и оснащена следующими техническими средствами обучения и оборудованием: учебная мебель, доска аудиторная, специализированное оборудование.

Список оборудования для проведения лабораторного практикума:

- Установка для выполнения лабораторной работы № 1 «Преломление света на сферической поверхности и определение фокусных расстояний тонких линз»: оптическая скамья, осветитель, коллиматор, объект-сетка, набор тонких линз (двояковыпуклая, двояковогнутая), экран;
- Установка для выполнения лабораторной работы № 2 «Изучение микроскопа»: оптическая скамья, окуляр, объектив, осветитель, микроскоп МБИ-1, объект-микромметр, микроскоп лабораторный поляризационный Микромед 3 вар. 3 LED M, образцы калиброванной проволоки;
- Установка для выполнения лабораторной работы № 3 «Определение показателя преломления стекла интерференционным методом»: оптическая скамья, лазер гелио-неоновый ЛГН-207А, экран с рассеивающей линзой, толстая стеклянная пластина, экран;
- Установка для выполнения лабораторной работы № 4 «Определение длины световой волны с помощью бипризмы Френеля»: оптическая скамья, выпрямитель селеновый ВС-4-12, осветитель, узкая щель, бипризма Френеля, окулярный микроскоп МИР-2, светофильтры;
- Установка для выполнения лабораторной работы № 5 «Дифракция света»: оптическая скамья (2 шт.), регулятор напряжения РШК, осветитель, конденсор, коллиматор, рабочая щель, светофильтры, собирающая линза, окулярный микроскоп МИР-3, лазер гелио-неоновый ЛГН-207В, лазер полупроводниковый, источник тока «Марс»;
- Установка для выполнения лабораторной работы № 6 «Изучение с помощью интерферометра Релея зависимости показателя преломления газа от давления»: интерферометр ЛИР-1, гофрированный цилиндр переменного объема (сильфон), U-образный водный манометр, барометр-анероид, термометр;
- Установка для выполнения лабораторной работы № 7 «Определение коэффициента преломления и концентрации веществ в растворе рефрактометрическим методом»: рефрактометр ИРФ-22, набор калиброванных растворов глицерина в воде, осветитель;
- Установка для выполнения лабораторной работы № 8 «Измерение температуры оптическим пирометром и изучение закона Стефана-Больцмана»: оптический пирометр ОПШИР-17Э, источник постоянного тока «АГАТ», лампа накаливания, реостат, регулятор напряжения РШК, амперметр типа Э-59, вольтметр типа Э-59;
- Установка для выполнения лабораторной работы № 9 «Определение фотометрических характеристик растворов с помощью фотоэлектрического колориметра»: фотоколориметр ФЭК-



56М, набор кювет, набор окрашенных растворов гексацианоферрата, весы аналитические электронные GR-200;

- Установка для выполнения лабораторной работы № 10 «Определение постоянной Планка и работы выхода электрона из металла по внешнему фотоэффекту»: дифракционный монохроматор МУМ-2, источник света, вакуумный фотоэлемент, вольтметр-электрометр универсальный Б7-30;

- Установка для выполнения лабораторной работы № 11 «Исследования в плоско-поляризованном свете»: источник питания ВС-12, набор стеклянных пластинок, оптическая шайба с предметным столиком, осветитель, фотоэлемент Ф-107, совмещенный с поляризатором, люксметр типа Ю17, набор по поляризации света;

- Установка для выполнения лабораторной работы № 12 «Определение резонансного потенциала атома гелия»: лабораторный комплекс ЛКК-2 НТЦ, осциллограф универсальный ОСУ-10В, вольтметр типа М2000.1, Амперметр типа М2000.8;

- Установка для выполнения лабораторной работы № 13 «Градуировка спектрометра и изучение сериальных закономерностей в спектре атома водорода»: спектрометр УМ-2, лампа ДРШ, спектральная водородная трубка, блок питания ЭПС-III, выпрямитель селеновый ВС-4-12;

- Установка для выполнения лабораторной работы № 14 «Вращение плоскости поляризации оптически активными веществами и определение концентрации вещества в растворах»: поляриметр СМ-3, набор кювет, набор водных растворов сахара, весы аналитические электронные GR-200.

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

Гармонов А. А.

РАДИОФИЗИКА И ОСНОВЫ МИКРОЭЛЕКТРОНИКИ

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, профиль «Физика»: ПК-2;
- 03.03.02 Физика, профиль «Фундаментальная физика»: ОПК-1, ОПК-2;
- 16.03.01 Техническая физика, профили «Техническая физика», «Техническая физика в нефтегазовых технологиях»: ПК-1.

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

**Знания:** терминологии и символики, которая применяется в радиоэлектронике, методов составления и чтения основных видов электрических схем, основных физических понятий и принципов функционирования базовых электронных полупроводниковых компонентов в аналоговых и цифровых системах, основных параметров и принципов работы базовых функциональных элементов радиоэлектроники (усилителей, генераторов и т.п.), основных принципов функциональной электроники и микроэлектроники, особенностей применения аналоговых и цифровых радиоэлектронных устройств.

**Умения:** рассчитывать простые аналоговые и цифровые радиоэлектронные устройства, применять современную вычислительную технику при анализе и разработке аналоговых и цифровых электронных устройств, разрабатывать и изготавливать простые аналоговые и цифровые электронные устройства, предназначенные для измерения и обработки сигналов.

**Навыки:** владения основными математическими методами анализа и расчета электрических цепей и сигналов, применения аналоговых и цифровых электронных устройств в технике измерения и обработки сигналов, конструирования, монтажа и наладки простых радиоэлектронных устройств.

## 2. Структура и трудоемкость дисциплины

Таблица 1

Вид учебной работы		Всего (ак.ч.)	Кол-во часов в семестре (ак.ч.)
			5 / 7* 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

\* – 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	Радиофизика и микроэлектроника: предмет и основные понятия	2	0	0	2
2	Элементы теории сигналов	4	0	4	8
3	Физические принципы работы и основы технологии изготовления электронных приборов	2	0	4	6
4	Базовые компоненты электронных устройств	4	0	4	8
5	Линейные пассивные цепи	4	0	4	8
6	Усилители электрических сигналов	4	0	4	8
7	Генерирование колебаний	2	0	4	6
8	Нелинейные преобразования сигналов	4	0	4	8
9	Основы цифровой радиоэлектроники	4	0	4	8
10	Основы функциональной электроники	2	0	0	2
	Итого (ак.часов)	32	0	32	64

## 4. Система оценивания

При текущем контроле учитывается несколько видов деятельности обучающихся:

- допуски к выполнению лабораторных работ;
- выполнение лабораторной работы;
- подготовка и сдача отчета по лабораторной работе;
- защита лабораторной работы.

Особенность выполнения студентами лабораторных работ заключается в предварительной самостоятельной теоретической подготовке по теме исследования в работе. При подготовке от студентов потребуются умения и навыки работы с литературой и другими источниками информации. Кроме того, студенты должны изучить элементарные основы теории вероятности и математической статистики и применять их для обработки экспериментальных результатов.

Студенту рекомендуется следующая схема подготовки к лабораторному занятию:

- проработка конспекта лекций дисциплины «Радиофизика и основы микроэлектроники» по тематике лабораторной работы;
- чтение рекомендованной основной и дополнительной литературы по тематике лабораторной работы;
- заполнение лабораторного журнала и подготовка к допуску для выполнения работы;

– выполнение всех расчетов необходимых величин и погрешностей к ним в лабораторном журнале.

– подготовка отчета по лабораторной работе.

По итогам набранных в семестре баллов обучающийся может получить зачет. 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. Першин, В. Т. Основы радиоэлектроники и схемотехники: учебное пособие / В. Т. Першин. — Ростов-на-Дону: Феникс, 2006. — 544 с.

2. Кузовкин, В. А. Электроника: электрофиз. основы, микросхемотехника, приборы и устройства: учеб. для студ. вузов, обуч. по напр. и спец. техники и технологии / В. А. Кузовкин. — Москва: Логос, 2005. — 328 с.

3. Каганов, В. И. Радиотехнические цепи и сигналы. Компьютеризированный курс: учебное пособие / В. И. Каганов. — 4-е изд., перераб. и доп. — Москва: ФОРУМ: ИНФРА-М, 2021. — 498 с. — ISBN 978-5-00091-447-2. — Текст: электронный. — URL: <https://znanium.com/catalog/product/1413304> (дата обращения: 08.04.2022). — Режим доступа: по подписке.

4. Кучумов, А. И. 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.

5. Джонс, М. Х. Электроника – практический курс: учебное пособие / М. Х. Джонс. — Москва: Постмаркет, 1999. — 528 с.

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

Не требуются для реализации дисциплины.

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

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

## **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.

Учебная аудитория для проведения занятий лабораторного типа оснащена следующими техническими средствами обучения и оборудованием: учебная мебель, доска аудиторная, стенды «Основы электроники».

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  
ЛЕНИН В.И.

ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ МЕХАНИКА  
Рабочая программа  
для обучающихся по направлениям подготовки  
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: ОПК-1.

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

Результатом изучения дисциплины являются:

Знания:

- 1) основных понятий классической механики;
- 2) границ применимости изученных законов и методов классической механики;
- 3) основных методов решения механических задач.

Умения:

- 1) применять изученные понятия и законы классической механики к решению типовых задач по всем разделам курса, свободно используя при этом необходимый математический аппарат;
- 2) применять методы механики к решению прикладных задач;
- 3) использовать правильную терминологию, определения, обозначения и единицы измерения величин для описания характеристик материалов техники и областей их применения;

Навыки:

- 1) владеть методикой расчета реальных физических задач;
- 2) навыками отбора и обработки информации из различных источников (учебники, справочники, в том числе электронные, интернет-ресурсы)

## 2. Структура и трудоемкость дисциплины

Таблица 1

Вид учебной работы		Всего часов	Кол-во часов в семестре (ак.ч.)
			4
<b>Общая трудоемкость</b>	<b>зач. ед.</b>	4	4
	<b>час</b>	144	144
Из них:			
<b>Часы аудиторной работы (всего):</b>		80	80
Лекции		40	40
Практические занятия		40	40
Лабораторные / практические занятия по подгруппам		0	0
<b>Часы внеаудиторной работы, включая консультации, иную контактную работу и самостоятельную работу обучающегося</b>		64	64
Вид промежуточной аттестации (зачет, диф. зачет, экзамен)			диф. 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 4 семестре	32	32	0	64
1	Основные понятия	4	0	0	4
2	Основные понятия кинематики	0	4	0	4
3	Связь геометрии с механикой.	2	0	0	2
4	Системы координат	0	2	0	2
5	Свойства сил	4	0	0	4
6	Прямая и обратная задача механики	0	4	0	4
7	Движение относительно неинерциальной системы отсчета	2	0	0	2
8	Движение заряженной частицы в электромагнитном поле	0	2	0	2
9	Интегралы движения	2	0	0	2
10	Интегралы движения. Количество движения	0	2	0	2
11	Движение материальной точки в силовом поле	2	0	0	2
12	Интегралы движения. Момент количества движения	0	2	0	2
13	Движение материальной точки в силовом поле (продолжение)	4	0	0	4
14	Интегралы движения. Механическая энергия	0	4	0	4
15	Задача двух тел	2	0	0	2
16	Контрольная работа по физическим основам механики	0	2	0	2
17	Механические системы со связями	4	0	0	4
18	Уравнения Лагранжа 1-го рода	0	4	0	4
19	Общее уравнение механики	2	0	0	2
20	Общее уравнение динамики	0	2	0	2
21	Уравнения Лагранжа в независимых координатах	2	0	0	2
22	Уравнения Лагранжа 2-го рода	0	2	0	2
23	Движение в окрестности положения равновесия. Линейные колебания	2	0	0	2

24	Интегралы движения и их связь со свойствами симметрии	0	2	0	2
25	Уравнения Гамильтона	2	0	0	2
26	Линейные колебания систем с одной степенью свободы	0	2	0	2
27	Канонические преобразования	2	0	0	2
28	Линейные колебания систем с несколькими степенями свободы	0	2	0	2
29	Уравнение Гамильтона-Якоби	2	0	0	2
30	Уравнения Гамильтона	0	2	0	2
31	Вариационные принципы в механике	2	0	0	2
32	Скобки Пуассона	0	2	0	2
33	Диф. зачет	0	0	0	0
	Итого (ак. часов)	40	40	0	80

#### 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 диф. 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. Мкртычев, О. В. Теоретическая механика : учебник / О.В. Мкртычев. — Москва : Вузовский учебник : ИНФРА-М, 2019. — 359 с. — (Высшее образование: Бакалавриат). — [www.dx.doi.org/10.12737/textbook\\_59d71fe9ac68f2.88299087](http://www.dx.doi.org/10.12737/textbook_59d71fe9ac68f2.88299087). - ISBN 978-5-9558-0546-7. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1039251> (дата обращения: 17.04.2022). – Режим доступа: по подписке.

2. Цывильский, В. Л. Теоретическая механика: Учебник / Цывильский В.Л., - 5-е изд., перераб. и доп. - Москва :КУРС, НИЦ ИНФРА-М, 2018. - 368 с.:. - ISBN 978-5-906923-71-4. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/939531> (дата обращения: 17.04.2022). – Режим доступа: по подписке.

3. Ландау Л.Д. Теоретическая физика: учеб. пособие для студ. физ. спец. ун-тов: в 10 т./ Л. Д. Ландау, Е. М. Лифшиц. - 5-е изд., стер.. - Москва: Физматлит. - Т.1: Механика/ ред. Л. П. Питаевский. - 2007. - 224 с.

##### 5.2 Электронные образовательные ресурсы:

Учебный портал ТюмГУ - <https://lms.utmn.ru/>

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

1. Успехи физических наук: <https://www.ufn.ru/>
2. Национальная электронная библиотека. URL: <https://rusneb.ru/>;
3. Электронные ресурсы ИБЦ ТюмГУ. URL: <https://bmk.utmn.ru/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 типа оснащена следующими техническими средствами обучения и оборудованием: учебная мебель, доска аудиторная.

Учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа 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.

РАЗРАБОТЧИК

Вершинин В. Е.

ТЕРМОДИНАМИКА. СТАТИСТИЧЕСКАЯ ФИЗИКА. ФИЗИЧЕСКАЯ КИНЕТИКА

Рабочая программа

для обучающихся по направлению подготовки

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:

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

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

В результате освоения дисциплины «Термодинамика. Статистическая физика. Физическая кинетика» обучающийся должен получить:

#### знания:

- аксиоматики термодинамики;
- основных термодинамических процессов и их уравнения
  - основных термодинамических потенциалов открытых и закрытых систем;
- классификации фазовых переходов;
- условия устойчивого равновесия различных систем;
- термодинамики диэлектриков и магнетиков;
- термодинамики плазмы;
- основных представлений статистической физики: статистические ансамбли и статистические функции распределения;
  - различных методов статистической физики: канонические распределения Гиббса, частичные функции распределения Боголюбова;

#### умения:

- применять методы термодинамики для определения калорических и термических свойств равновесных систем;
- получать расчетные формулы для теплоемкостей системы в различных процессах;
- исследовать условия устойчивого равновесия различных систем;
- применять второе начало термодинамики для расчета КПД идеальных тепловых циклов;
- применять метод потенциалов к расчету термодинамики диэлектриков и магнетиков;
- описывать фазовые переходы вещества;
- определять коэффициенты переноса необратимых процессов.
- применять методы статистической физики к классическим макроскопическим системам и давать физическую интерпретацию полученным результатам;

#### навыки:

- навыки и методы решения прикладных задач по термодинамике и статистической физике

## 2. Структура и трудоемкость дисциплины

Таблица 1

Вид учебной работы		Всего часов	Кол-во часов в семестре (ак.ч.)
			7
Общая трудоемкость	зач. ед.	8	8
	час	288	288
Из них:			
<b>Часы аудиторной работы (всего):</b>		136	136
Лекции		68	68
Практические занятия		68	68
Лабораторные / практические занятия по подгруппам		0	0

<b>Часы внеаудиторной работы, включая консультации, иную контактную работу и самостоятельную работу обучающегося</b>	152	152
Вид промежуточной аттестации (зачет, диф. зачет, экзамен)		Экзамен

### 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 7 семестре	68	68	0	136
	Термодинамика. Статистическая физика. Физическая кинетика	68	68	0	136
1	Основные определения и исходные положения термодинамики. Равновесные и неравновесные процессы. Внутренняя энергия системы, работа и теплота.	2	0	0	2
2	Калорическое и термические уравнения состояния системы. Первое начало термодинамики.	2	0	0	2
3	Функциональные определители и их свойства	0	2	0	2
4	Функциональные определители и их свойства	0	2	0	2
5	Теплоемкости системы. Основные термодинамические процессы и их уравнения.	2	0	0	2
6	Круговые процессы. Второе начало термодинамики. Математическая формулировка второго начала термодинамики.	2	0	0	2
7	Калорические свойства простых систем	0	2	0	2
8	Калорические свойства простых систем	0	2	0	2
9	Консультация	0	0	0	0

10	Основное уравнение термодинамики для равновесных процессов. Второе начало термодинамики для неравновесных процессов.	2	0	0	2
11	Цикл Карно. Теоремы Карно. Термодинамические потенциалы (внутренняя энергия, свободная энергия).	2	0	0	2
12	Калорические свойства простых систем	0	2	0	2
13	Термодинамические процессы и их уравнения	0	2	0	2
14	Консультация	0	0	0	0
15	Термодинамические потенциалы (энергия Гиббса, энтальпия). Термодинамические потенциалы открытых систем. Химический потенциал.	2	0	0	2
16	Условия равновесия и устойчивости равновесия термодинамических систем. Условия равновесия двухфазной однокомпонентной системы.	2	0	0	2
17	Термодинамические процессы и их уравнения	0	2	0	2
18	Идеальные циклы тепловых машин	0	2	0	2
19	Консультация	0	0	0	0
20	Условия устойчивого равновесия однородной системы. Фазовые переходы первого рода. Уравнения Клапейрона-Клаузиуса.	2	0	0	2
21	Фазовый переход жидкость-пар. Роль поверхностного натяжения при образовании новой фазы.	2	0	0	2
22	Идеальные циклы тепловых машин	0	2	0	2
23	Семинар 1	0	2	0	2
24	Консультация	0	0	0	0
25	Фазовые переходы второго рода. Уравнения Эренфеста. Третье начало термодинамики.	2	0	0	2
26	Основные представления статистической физики.	2	0	0	2
27	Условия устойчивости и равновесия. Фазовые переходы	0	2	0	2
28	Семинар 1	0	2	0	2
29	Консультация	0	0	0	0
30	Микроканоническое распределение. Каноническое распределение Гиббса.	2	0	0	2
31	Большое каноническое распределение. Большая	2	0	0	2

	статистическая сумма и термодинамический потенциал.				
32	Семинар 1	0	2	0	2
33	Семинар 1	0	2	0	2
34	Консультация	0	0	0	0
35	Общие свойства статистического интеграла. Неидеальный классический одноатомный газое занятие 1	2	0	0	2
36	Корреляционные функции и цепочка уравнений Боголюбова для равновесных функций распределения.	2	0	0	2
37	Семинар 1	0	2	0	2
38	Семинар 1	0	2	0	2
39	Консультация	0	0	0	0
40	Системы с короткодействующими силами взаимодействия между частицами. Вириальное разложение.	2	0	0	2
41	Система с кулоновским взаимодействием частиц.	2	0	0	2
42	Семинар 1	0	2	0	2
43	Семинар 1	0	2	0	2
44	Консультация	0	0	0	0
45	Свободная энергия классической плазмы и ее уравнение состояния	2	0	0	2
46	Матрица плотности в квантовой статистической физике	2	0	0	2
47	Семинар 1	0	2	0	2
48	Семинар 1	0	2	0	2
49	Консультация	0	0	0	0
50	Идеальные квантовые одноатомные газы. Статистика Бозе-Эйнштейна и Ферми-Дирака.	2	0	0	2
51	Идеальные квантовые одноатомные газы. Переход к статистике Больцмана	2	0	0	2
52	Семинар 1	0	2	0	2
53	Семинар 1	0	2	0	2
54	Консультация	0	0	0	0
55	Бозе-газ при низких температурах. Бозе-конденсация	2	0	0	2
56	Квантовая теория теплоемкости двухатомного идеального газа	2	0	0	2
57	Семинар 1	0	2	0	2
58	Семинар 1	0	2	0	2
59	Консультация	0	0	0	0
60	Квазиротодинамическая теория флуктуаций.	2	0	0	2
61	Основы термодинамической теории необратимых процессов.	2	0	0	2
62	Семинар 1	0	2	0	2
63	Семинар 1	0	2	0	2
64	Консультация	0	0	0	0



65	Термодинамические и термоэлектрические явления	2	0	0	2
66	Броуновское движение и случайные процессы.	2	0	0	2
67	Семинар 1	0	2	0	2
68	Семинар 1	0	2	0	2
69	Консультация	0	0	0	0
70	Уравнение Смолуховского. Уравнение Фоккера-Планка.	2	0	0	2
71	Кинетические уравнения в статистической механике	2	0	0	2
72	Семинар 1	0	2	0	2
73	Семинар 1	0	2	0	2
74	Консультация	0	0	0	0
75	Цепочка уравнений Боголюбова	2	0	0	2
76	Уравнение Власова. Кинетическое уравнение Больцмана.	2	0	0	2
77	Семинар 1	0	2	0	2
78	Семинар 1	0	2	0	2
79	Консультация	0	0	0	0
80	Локальное распределение Максвелла и принцип построения уравнений гидродинамического этапа эволюции системы.	2	0	0	2
81	Кинетическое уравнение	2	0	0	2
82	Семинар 1	0	2	0	2
83	Семинар 1	0	2	0	2
84	Консультация	0	0	0	0
85	Экзамен	0	0	0	0
	Итого (ак.часов)	68	68	0	136

#### 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 экзамена. В случае, если обучающиеся внимательно прочитают данный документ и обратят внимание Вершинина В.Е. на этот пункт, они имеют право получить автоматом положительную оценку по дисциплине не ниже «хорошо» (на выбор преподавателя). Обратиться к Вершинину В.Е. нужно не позднее дня экзамена (согласно текущему расписанию сессии).

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. Браун, А. Г. Основы статистической физики : учеб. пособие / А.Г. Браун, И.Г. Левитина. — 3-е изд. — М. : ИНФРА-М, 2019. — 120 с. — (Высшее образование: Бакалавриат). — [www.dx.doi.org/10.12737/5493](http://www.dx.doi.org/10.12737/5493). - ISBN 978-5-16-010234-4. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1009625> (дата обращения: 29.05.2020). – Режим доступа: по подписке
2. Арнольд, Зоммерфельд Термодинамика и статистическая физика / Зоммерфельд Арнольд ; перевод В. Л. Бонч-Бруевич, В. Б. Сандомирский. — Москва, Ижевск : Регулярная и хаотическая динамика, Институт компьютерных исследований, 2019. — 480 с. — ISBN 978-5-4344-0774-8. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <http://www.iprbookshop.ru/92115.html> (дата обращения: 29.05.2020). — Режим доступа: для авторизир. пользователей
3. Квасников, И.А. Термодинамика и статистическая физика: теория равновесных систем: учеб. пособие по спец. "Физика"/ И. А.Квасников. - Москва: Изд-во МГУ, 1991. - 800 с.
4. Ландау, Л. Д. Теоретическая физика : в 10 т. : учеб. пособие для студ. физ. спец. ун-та / Ландау Л. Д., Лифшиц Е. М.; Под ред. Питаевского Л. П. - 2-е изд. - Москва : Физматлит. Т. 10 : Физическая кинетика. - 2002. - 536 с.

## **5.2 Электронные образовательные ресурсы:**

<http://elibrary.ru/defaultx.asp>

[http://www.tmnlib.ru/jirbis/index.php?option=com\\_bookmarks&Itemid=6119&task=view&id=1449](http://www.tmnlib.ru/jirbis/index.php?option=com_bookmarks&Itemid=6119&task=view&id=1449)

<http://link.springer.com> javascript:void(0);

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

<https://e.lanbook.com/>

<https://znanium.com/>

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

Не используются в данной дисциплине.

## **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 (на 75 посадочных мест, оснащенная меловой доской).

Учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа оснащена следующими техническими средствами обучения и оборудованием: учебная мебель, доска аудиторная (на 30 посадочных мест, оснащенная меловой доской).

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

Кислицын А.А.

ФИЗИКА АТОМА, ЯДРА И ЭЛЕМЕНТАРНЫХ ЧАСТИЦ

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: ОПК-1, ОПК-2;
- для 16.03.01 Техническая физика: ОПК-1, ОПК-3.

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

#### Знания:

- основные этапы развития современных атомистических и квантовых представлений;
- экспериментальные факты, лежащие в основе теории относительности и квантовой теории;
- физический смысл волновой функции;
- основные положения квантовой механики;
- квантовые числа, характеризующие состояние электрона в атоме;
- принцип Паули;
- объяснение периодической системы Д. И. Менделеева;
- основные характеристики атомных ядер;
- основной закон радиоактивного распада и его виды;
- основные виды ядерных реакций;
- основные закономерности процессов деления и синтеза ядер;
- способы получения ядерной энергии;
- физические принципы действия ядерных реакторов;
- типы взаимодействий, современную классификацию и основные свойства элементарных частиц;
- современные астрофизические представления;
- основные механизмы взаимодействия ядерного излучения с веществом;
- дозиметрические единицы, нормы радиационной безопасности и методы защиты от ядерных излучений.

#### Умения:

- применять законы физики атома, атомного ядра и элементарных частиц для решения конкретных научно-технических задач, как в области физики, так и на междисциплинарных границах с другими областями знаний;
- с помощью дозиметрических приборов измерять уровень радиационного фона;
- определять степень его опасности и рассчитывать толщину экранов для защиты от радиоактивных излучений в лабораторных условиях.

#### Навыки:

- навыки экспериментальной работы с современной измерительной аппаратурой;
- методы дозиметрических измерений;
- методы обработки и анализа результатов эксперимента;
- навыки соблюдения правил безопасной работы с источниками ионизирующих излучений.

## 2. Структура и трудоемкость дисциплины

Таблица 1а

Для профилей подготовки «Фундаментальная физика», «Техническая физика в нефтегазовых технологиях»

Вид учебной работы		Всего (ак.ч.)	Кол-во часов в семестре (ак.ч.)
			6 семестр
<b>Общая трудоемкость</b>	зач. ед.	<b>6</b>	<b>6</b>
	ак.ч.	<b>216</b>	<b>216</b>
Из них:			
<b>Часы аудиторной работы (всего):</b>		<b>112</b>	<b>112</b>
Лекции		32	32
Практические занятия		32	32
Лабораторные / практические занятия по подгруппам		48	48
<b>Часы внеаудиторной работы, включая консультации, иную контактную работу и самостоятельную работу обучающегося</b>		<b>104</b>	<b>104</b>
Вид промежуточной аттестации (зачет, диф. зачет, экзамен)			Экзамен

Таблица 1б

Для профилей подготовки «Физика», «Техническая физика»

Вид учебной работы		Всего (ак.ч.)	Кол-во часов в семестре (ак.ч.)
			8 семестр
<b>Общая трудоемкость</b>	зач. ед.	<b>6</b>	<b>6</b>
	ак.ч.	<b>216</b>	<b>216</b>
Из них:			
<b>Часы аудиторной работы (всего):</b>		<b>112</b>	<b>112</b>
Лекции		32	32
Практические занятия		32	32
Лабораторные / практические занятия по подгруппам		48	48
<b>Часы внеаудиторной работы, включая консультации, иную контактную работу и самостоятельную работу обучающегося</b>		<b>104</b>	<b>104</b>
Вид промежуточной аттестации (зачет, диф. зачет, экзамен)			Экзамен

## 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
<i>Лекции и практические занятия</i>					
1	Развитие атомистических и квантовых представлений	2	2	0	4
2	Основы квантовой теории. Волновая функция, ее физический смысл	2	2	0	4
3	Соотношения неопределенностей Гейзенберга. Уравнение Шредингера	2	2	0	4
4	Современные представления о строении атома. Физическое объяснение периодической системы Д. И. Менделеева	2	4	0	6
5	Атомы в магнитном и электрическом полях	2	2	0	4
6	Физика молекул	2	0	0	2
7	Элементы квантовой теории твердых тел	2	0	0	2
8	Контрольная работа № 1	0	2	0	2
9	Свойства атомных ядер	2	2	0	4
10	Модели атомных ядер	0	2	0	2
11	Радиоактивный распад ядер	2	2	0	4
12	Альфа-распад ядер. Теория альфа-распада. Бета-распад ядер; виды бета-распада. Гамма-излучение ядер	2	2	0	4
13	Ядерные реакции	2	2	0	4
14	Деление и синтез атомных ядер	2	2	0	4
15	Взаимодействие ядерного излучения с веществом. Дозиметрия и защита от ионизирующих излучений	2	2	0	4
16	Основные свойства элементарных частиц	2	0	0	2
17	Законы сохранения в физике элементарных частиц	0	2	0	2
18	Фундаментальные взаимодействия. Стандартная модель физики элементарных частиц	2	0	0	2

19	Современные астрофизические представления. Элементы космологии	2	0	0	2
20	Контрольная работа № 2	0	2	0	2
<b>Лабораторные занятия</b>					
21	Дозиметрия ионизирующих излучений	0	0	6	6
22	Определение удельного заряда электрона	0	0	6	6
23	Определение среднего пробега и энергии альфа-частиц	0	0	6	6
24	Определение максимальной энергии бета-частиц	0	0	6	6
25	Счетчик Гейгера-Мюллера	0	0	6	6
26	Эффект Зеемана	0	0	6	6
27	Рентгеновские спектрометры	0	0	6	6
28	Эффект Мёссбауэра	0	0	6	6
	Итого (ак. часов)	32	32	48	112

#### 4. Система оценивания

При текущем контроле учитываются следующие виды деятельности обучающихся:

- Посещение лекций: до 2 баллов за посещение 1 пары лекций, при условии выполнения мини-теста по материалу лекции. Каждый тест содержит 4 вопроса; ответы должны быть сданы до начала следующей лекции. Правильный ответ на вопрос дает 0,5 балла. Таким образом, за этот вид деятельности можно получить до 32 баллов за семестр.

- Контрольные работы на семинарах: до 12 баллов за 3 задачи контрольной работы, т.е. до 24 баллов за 2 контрольные работы в семестре.

- Активная работа на семинарах, которая включает в себя разбор (защиту) выполненных домашних заданий у доски на семинаре: от 1 до 3 баллов за каждое задание (в зависимости от сложности). Защита выполненных заданий подразумевает, что обучающийся поясняет ход решения задач, обосновывает применения тех или иных формул и законов. Кроме этого, за участие в решении и обсуждении задачи «с места», за решение задач опережающими темпами и т.п. за один семинар обучающийся может получить 1 дополнительный балл; за весь семестр за этот вид деятельности – до 12 баллов.

- Выполнение лабораторных работ: до 4 баллов за одну лабораторную работу (1 балл – допуск к выполнению практической части, 2 балла – выполнение измерений и обработка результатов, 1 балл – защита выполненной работы в формате собеседования с преподавателем по контрольным вопросам). За семестр обучающийся имеет возможность выполнить 8 лабораторных работ, т.е. набрать до 32 баллов.

Таким образом, каждый обучающийся имеет возможность набрать за семестр до 100 баллов.

Критерии оценивания задач контрольных работ (максимум за одну задачу – 4 балла):

- решение не приведено, или есть попытка решить задачу, но основные формулы приведены ошибочно: 0 баллов;

- есть попытка решить задачу, правильно приведены основные формулы, но рассуждения содержат грубые ошибки; ответ либо не получен, либо неправильный (как численный, так и в общем виде): 1 балл;

- есть попытка решить задачу, правильно приведены основные формулы, грубых ошибок нет, но решение не доведено до конца, ответ либо не получен, либо неправильный (как численный, так и в общем виде): 2 балла;

- задача правильно решена в общем виде, но нет необходимых комментариев, или отсутствует численный ответ, либо численный ответ неправильный из-за ошибок в расчетах или в размерности используемых или полученных величин: 3 балла;

– задача решена правильно, получены правильные ответы, как численные, так и в общем виде, есть все необходимые комментарии и расчеты: 4 балла.

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.

Обязательным условием получения положительной оценки («удовлетворительно», «хорошо» или «отлично») за экзамен по дисциплине является набор не менее 24 баллов за лабораторный практикум (т.е. из 8 лабораторных работ необходимо полностью выполнить в течение семестра не менее 6); в ином случае студент автоматически получает оценку «неудовлетворительно».

Экзаменационную оценку можно получить автоматически при условии, что набрано не менее 24 баллов за лабораторный практикум, а также набрано не менее 20 баллов за семинарские занятия, включая контрольные работы.

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. Шпольский, Эдуард Владимирович (1892-1975). Атомная физика = Atomic physics: учебник: [в 2 т.]. — Санкт-Петербург: Лань. (Учебники для вузов. Специальная литература). (Классическая учебная литература по физике). ISBN 978-5-8114-1004-0: Б.г. Т. 1: Введение в атомную физику. 2010. — 560 с.; 21 см. — ISBN 978-5-8114-1005-7 (в пер.).
2. Шпольский, Эдуард Владимирович (1892-1975). Атомная физика = Atomic physics: учебник: в 2 т. — Санкт-Петербург: Лань. (Учебники для вузов. Специальная литература). (Классическая учебная литература по физике). ISBN 978-5-8114-1004-0: Б.г. Т. 2: Основы квантовой механики и строение электронной оболочки атома. 2010. — 448 с.; 21 см. — ISBN 978-5-8114-1006-4 (в пер.).
3. Кузнецов, С. И. Физика. Волновая оптика. Квантовая природа излучения. Элементы атомной и ядерной физики: учеб. пособие / С. И. Кузнецов, А. М. Лидер. — 3-е изд., перераб. и доп. — Москва: Вузовский учебник: ИНФРА-М, 2019. — 212 с. — ISBN 978-5-9558-0350-0. — Текст: электронный. — URL: <https://znanium.com/catalog/product/1002478> (дата обращения: 11.04.2022). — Режим доступа: по подписке.
4. Сивухин, Дмитрий Васильевич. Общий курс физики: учебное пособие для студентов физических специальностей вузов: в 5 т. — Москва: Физматлит. ISBN 978-5-9221-0645-0: Б.г. Т. 5: Атомная и ядерная физика. 2008. — 784 с.; 21 см. — ISBN 978-5-9221-0645-0 (в пер.).
5. Кузнецов, С. И. Курс физики с примерами решения задач. Часть III. Геометрическая и волновая оптика. Элементы атомной и ядерной физики. Основы физики элементарных частиц: учебное пособие. — Томск: Томский политехнический университет, 2015. — 302 с. — ISBN 978-5-4387-0428-7. — Текст: электронный. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/34672.html> (дата обращения: 11.04.2022). — Режим доступа: для авторизир. пользователей.
6. Браун, А. Г. Атомная и ядерная физика. Элементы квантовой механики. Практикум: учебное пособие / А. Г. Браун, И. Г. Левитина. — Москва: ИНФРА-М, 2020. — 88 с. — ISBN 978-5-16-010798-1. — Текст: электронный. — URL: <https://znanium.com/catalog/product/1062078> (дата обращения: 11.04.2022). — 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>

## 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 и семинарского типов оснащена следующими техническими средствами обучения и оборудованием: учебная мебель, доска аудиторная, мультимедийное проекционное и акустическое оборудование, персональный компьютер.

Учебная аудитория «Лаборатория оптики и атомной физики» для проведения занятий лабораторного типа оснащена следующими техническими средствами обучения и оборудованием: учебная мебель, доска аудиторная и специализированным оборудованием.

Специализированное оборудование:

- лабораторная установка для выполнения лабораторной работы № 1 «Дозиметрия ионизирующих излучений»: дозиметр-радиометр типа ДКС-96, блок детектирования БДКС-96ГБ, блок детектирования БДЗБ-96, источник гамма-излучения с изотопом кобальт-60 типа ИТОР-1, источник радионуклидный бета-излучения с радионуклидами стронций-90+иттрий-90, источник бета-излучения с изотопом криптон-85 типа БИК-М;

- лабораторная установка для выполнения лабораторной работы № 2 «Определение удельного заряда электрона»: соленоид с вакуумным диодом 3Ц18П, мультиметр типа 830-B (2 шт.), источник питания Б5-78/1, источник питания БЗ-706.1, источник питания DC POWER SUPPLY НУ 3005-2;

- лабораторная установка для выполнения лабораторной работы № 3 «Определение среднего пробега и энергии альфа-частиц»: регулятор напряжения РШК, источник альфа-частиц, детектор альфа-частиц БДЗА2-01, измеритель скорости счёта УИМ2-2;

- лабораторная установка для выполнения лабораторной работы № 4 «Определение максимальной энергии бета-частиц»: источники бета-частиц, установка для определения максимальной энергии бета-частиц (блок питания, детекторы), пластинки из алюминиевой фольги;

- лабораторная установка для выполнения лабораторной работы № 5 «Счетчик Гейгера-Мюллера»: счетчик Гейгера-Мюллера типа ТВ-2, источник постоянного тока ТВ2, пересчетное устройство на микросхемах АП-17, источник радионуклидный бета-излучения с радионуклидами стронций-90+иттрий-90;

- лабораторная установка для выполнения лабораторной работы № 6 «Эффект Зеемана»: экспериментальная установка ЛКР-1Р «для наблюдения эффекта Зеемана»;

- лабораторная установка для выполнения лабораторной работы № 7 «Рентгеновские спектрометры»: учебно-моделирующий комплекс «Рентгеновский спектрометр» (УМК РС), системный блок Celeron-346/256Mb/80Gb/DVD-ROM/, клавиатура, мышь;

- лабораторная установка для выполнения лабораторной работы № 8 «Эффект Мёссбауэра»: учебно-лабораторный комплекс «Эффект Мёссбауэра», системный блок «Unit»/AMD Phenom X49550/Giga-Bute GAMA78G-DS3H/DDRII1024Mb 3.5, клавиатура, мышь.

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  
Екомасов Е. Г.

**ФИЗИКА КОНДЕНСИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ**

Рабочая программа  
для обучающихся по направлению подготовки  
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:

ОПК-1

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

Знания:

- основные положения квантовой теории конденсированных состояний,
- основные положения зонной модели электронных состояний,
- связь прямой и обратной решеток кристалла,
- структуру и свойства зон Бриллюэна,
- характер колебательного спектра кристалла,
- основные представления о спектре возбуждений сверхтекучей жидкости и сверхпроводящего электронного газа.
- основные представления об оптических свойствах кристаллов.

Умения:

- использовать методы теории возмущений и вариационные методы квантовой механики для анализа процессов в конденсированных состояниях.

Навыки:

- использовать методы анализа и оценки сложных математических выражений.

## 2. Структура и объем дисциплины

Таблица 1

Вид учебной работы		Всего часов (академические часы)	Часов в семестре (академические часы)
			6
<b>Общая трудоемкость</b>	<b>зач. ед.</b>	4	4
	<b>час</b>	144	144
Из них:			
<b>Часы аудиторной работы (всего):</b>		72	72
Лекции		36	36
Практические занятия		36	36
Лабораторные / практические занятия по подгруппам		0	0
<b>Часы внеаудиторной работы, включая консультации, иную контактную работу и самостоятельную работу обучающегося</b>		72	72
Вид промежуточной аттестации (зачет, диф. зачет, экзамен)			Диф.зачет

## 3. Содержание дисциплины

Таблица 2

№ 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.	Адиабатический принцип Борна-Эренфеста	4	2	0	0	0
2.	Адиабатический принцип	4	0	2	0	0
3.	Зоны Бриллюэна	4	2	0	0	0
4.	Зоны Бриллюэна	4	0	2	0	0
5.	Энергетические зоны в твердых телах	4	2	0	0	0
6.	Энергетические зоны	4	0	2	0	0
7.	Статистика носителей зарядов	4	2	0	0	0
8.	Системы тождественных частиц	4	0	2	0	0
9.	Метод вторичного квантования	6	2	0	0	0
10.	Электроны и дырки	4	0	2	0	0
11.	Акустические и оптические фононы	4	2	0	0	0
12.	Волны в одномерной решетке	4	0	2	0	0
13.	Квазичастицы в твердых телах	4	2	0	0	0
14.	Волны в трехмерной решетке	4	0	2	0	0
15.	Конденсация бозонов	4	2	0	0	0
16.	Распределение Бозе-Эйнштейна	4	0	2	0	0
17.	Сверхтекучесть	4	2	0	0	0
18.	Конденсация в пространстве импульсов	4	0	2	0	0
19.	Электрон-фононные взаимодействия	6	2	0	0	0

20	Рассеяние электронов	4	0	2	0	0
21	Электрон-фононные взаимодействия	4	2	0	0	0
22	Магнетосопротивление	4	0	2	0	0
23	Сверхпроводники	4	2	0	0	0
24	Теория Лондонов	4	0	2	0	0
25	Сверхпроводники	4	2	0	0	0
26	Теория Гинзбурга-Ландау	4	0	2	0	0
27	Современная теория сверхпроводимости	4	2	0	0	0
28	Куперовские пары	4	0	2	0	0
29	Современная теория сверхпроводимости	4	2	0	0	0
30	Поверхностные состояния.	4	0	2	0	0
31	Оптические свойства твердых тел	6	2	2	0	0
32	Взаимодействие света с кристаллической решеткой	6	2	2	0	0
33	Оптические свойства твердых тел	4	2	0	0	0
34	Поляритоны	4	0	2	0	0
	Итого(часов)	144	36	36	0	2*

\* – учитывает контактную работу на консультацию перед экзаменом.

#### 4. Система оценивания.

При текущем контроле учитывается несколько видов деятельности обучающихся:

- активность на семинарах (0 – 3 баллов);
- выполнение домашних заданий (0 – 7 баллов);
- контрольная работа (0 – 10 баллов);

Активность на семинаре включает в себя решение задач у доски, участие в решении задачи «с места», решение задач опережающими темпами и т.д. За один семинар обучающийся может набрать до 2 баллов.

Выполнение домашних заданий подразумевает проверку в начале занятия наличия выполненных заданий. Оценивается до 2 баллов.

Критерии оценивания задач контрольных работ (максимум за одну задачу – 5 баллов):

0 баллов (0%, «-»):

- Решение не приведено.
- Есть попытка решить задачу, но основные формулы или условия задачи приведены ошибочно.

2 балла (30%, «-+»):

- Правильно приведены основные формулы, но рассуждения содержат грубые ошибки.

- Задача решена в общем виде, но отсутствуют количественные расчеты.
- Отсутствуют необходимые рисунки или построения.  
3-4 балла (70%, «+-»):
- Ход решения верный, но в выводах формул или расчетах есть незначительные ошибки.
- Неверно определены размерности используемых/полученных величин.  
5 баллов (100%, «+»):
- Задача решена правильно, есть все необходимые комментарии, рисунки и расчеты.

По итогам набранных в семестре баллов обучающийся может получить дифференцированный зачет. 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 диф. 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».

Оценку (дифференцированный зачет) возможно получить автоматически, при условии, что:

количество баллов, полученных в течение семестра, составляет 61% от максимально возможного при усвоении дисциплины – оценка "удовлетворительно";

количество баллов, полученных в течение семестра, составляет 76% от максимально возможного при усвоении дисциплины – оценка "хорошо".

Если студент желает повысить оценку или претендует на оценку "отлично", то он сдает дифференцированный зачет в устной форме.

Билет, содержит 2 теоретических вопроса и задачу.

Ответы на билет оцениваются по следующим критериям:

"отлично" - студент дал полный ответ на теоретические вопросы, правильно решил задачу, продемонстрировал взаимосвязь теоретических основ механики;

"хорошо" - студент показал систематические знания по дисциплине, способность применять их для решения практических задач, но имеются недочеты в ответах и решениях;

"удовлетворительно" - студент имеет представления об основных законах и теоремах механики, однако недостаточно владеет теоретическим материалом, в ответах и решениях допускает ошибки, которые может исправить под руководством преподавателя;

"неудовлетворительно" - студент не имеет систематических знаний в области механики, слабо разбирается в теоретических и практических вопросах, допускает принципиальные ошибки в ответах и решениях.

Студент пропустивший более 50% семинаров без уважительной причины считается не освоившим дисциплину и не может получить положительной оценки на дифференцированном зачете.

### Вопросы к дифференцированному зачету

1. Адиабатическое приближение.
2. Уравнение Хартри и Хартри-Фока.
3. Электрон в периодическом поле.
4. Обратные решетки и зоны Бриллюэна.
5. Энергетические зоны.
6. Детерминанты Слэтера.

7. Операторы вторичного квантования.
8. Электроны и дырки.
9. Обменное взаимодействие.
10. Колебания в одномерной решетке.
11. Колебания трехмерной решетки.
12. Распределение Бозе-Эйнштейна и Ферми-Дирака.
13. Теплоемкость твердых тел. Приближение Эйнштейна и Дебая.
14. Бозе-эйнштейновская конденсация.
15. Преобразования Боголюбова для бозонов.
16. Рассеяние электронов в металлах.
17. Движение электрона в магнитном поле.
18. Сверхпроводимость. Теория Лондонов.
19. Уравнение Гинзбурга-Ландау.
20. Взаимодействие электронов в сверхпроводниках.
21. Преобразование Боголюбова для электронов.
22. Уровни Тамма.
23. Диэлектрическая проницаемость кристалла.
24. Волны в полярных и неполярных кристаллах.

#### Примерные задачи для контрольной работы/экзамена

1. Ребро ячейки кубического кристалла равно  $a$ . Определите расстояние  $l$  между точками с индексами:

а)  $\left[ \left[ \frac{1}{2} 0 \frac{1}{2} \right] \right]$ ,  $\left[ \left[ \frac{1}{2} 1 \frac{1}{2} \right] \right]$ ; б)  $[[000]]$ ,  $[[111]]$ ; в)  $\left[ \left[ 10 \frac{1}{2} \right] \right]$ ,  $\left[ \left[ \frac{1}{2} 1 \frac{1}{2} \right] \right]$ .

2. Определите угол между направлениями  $[236]$  и  $[321]$  в кубическом кристалле.

3. Плоскость отсекает на осях координат отрезки  $s_1 = 0,5$ ,  $s_2 = 1,25$ ,  $s_3 = 1,5$  в единицах длин ребер элементарной ячейки. Определите индексы Миллера этой плоскости.

4. Расстояние  $d$  между атомными плоскостями в кристалле поваренной соли равно  $0,281$  мкм. Определите, при каком максимальном угле падения будет наблюдаться усиление, в первом порядке, отраженных рентгеновских лучей с длиной волны  $\lambda = 0,1$  нм.

5. Определите постоянную решетки AgBr, если известно, что  $K_{\alpha}$ -линия ванадия отражается в первом порядке от системы плоскостей (100) под углом скольжения  $\theta = 25,9^{\circ}$ .

6. Упругое тело объема  $V$  имеет форму прямоугольного параллелепипеда. Скорость распространения поперечных колебаний в теле равна  $v$ . Определите число  $dN_{\omega}$  нормальных колебаний тела с частотами в интервале  $(\omega, \omega + d\omega)$ . Сравните полученный результат с предыдущими примерами.

7. Определите температуру Дебая  $\theta_D$  для трехмерного химически чистого простого кристалла. Равновесные положения атомов находятся в вершинах прямоугольных кристаллических ячеек. Концентрация атомов  $n = 1,25 \cdot 10^{29} \text{ м}^{-3}$ , скорости поперечных и продольных волн одинаковы и равны  $v_{\perp} = v_{\parallel} = 3,0 \cdot 10^3 \frac{\text{м}}{\text{с}}$ .



8. В таблице приведены значения скоростей поперечных волн  $v_{\perp}$ , скорости продольных волн  $v_{\parallel}$  и концентрация  $n$  атомов для: а) бериллия, б) серебра, в) свинца. Определите температуру Дебая  $\theta$  для этих металлов.

Металл	$v_{\perp}$ , м/с	$v_{\parallel}$ , м/с	$n$ , $10^{29}$ м $^{-3}$
Бериллий	8830	12550	1,23
Серебро	1590	3600	0,586
Свинец	700	2160	0,328

9. Определите приближенное значение молярной теплоемкости аргона ( $\theta_D = 92$  K) при  $T = 4,0$  K, используя интеграл Дебая:

$$K'_n = \int_0^{\infty} \frac{x^4 e^x dx}{(e^x - 1)^2} = \frac{4}{15} \pi^4.$$

10. Приняв для серебра значение температуры Дебая  $\theta = 208$  K, определите:

- максимальное значение энергии  $E_m$  фонона,
- среднее число  $\langle n_m \rangle$  фононов с энергией  $E_m$  при температуре  $T = 300$  K.

11. Полагая, что на каждый атом меди приходится один свободный электрон, определите:

- Уровень Ферми  $E_{f0}$  при температуре 0 K для меди;
- Среднюю кинетическую энергию  $\langle E \rangle$  свободных электронов при температуре 0 K;
- Температуру  $T$ , при которой средняя кинетическая энергия классического электронного газа равнялась бы средней кинетической энергии свободных электронов при температуре 0 K

12. Положив уровень Ферми при температуре 0 K равным  $E_{f0} = 5$  эВ, определите уровень Ферми при температуре  $T = 300$  K.

13. Определите, какая доля  $\delta n$  свободных электронов в металле имеет при абсолютном нуле кинетическую энергию, превышающую половину максимальной.

14. Оцените критическую температуру для меди  $T_f$ , при которой снимается вырождение электронного газа в проводнике.

15. Вычислите среднюю длину свободного пробега электронов  $\lambda$ , в полупроводнике, в сильном электрическом поле, если критическая напряженность поля  $E_{кр} = 2 \cdot 10^4$  В/см. Температура полупроводника 20 $^{\circ}$ C.

16. Красная граница фотопроводимости чистого беспримесного германия при низких температурах соответствует длине волны  $\lambda_0 = 1,76$  мкм. Вычислите температурный коэффициент сопротивления этого полупроводника при  $T = 300$  K.

17. Кривую напряженности критического магнитного поля можно представить квадратичной зависимостью:

$$H_k = H_0 \left( 1 - \left( \frac{T}{T_k} \right)^2 \right).$$

Определите разность значений удельных энтропий и удельных теплоемкостей в  $n$  и  $S$  – состояниях.

18. Найдите выражение для скачка коэффициента теплового расширения  $\Delta\alpha = \alpha_n - \alpha_S$  при сверхпроводящем переходе.

19. Один из способов получения предельно низких температур заключается в использовании адиабатического размагничивания парамагнитных кристаллов. Определите количественную характеристику этого эффекта  $\left(\frac{\partial T}{\partial H}\right)_S$  для парамагнетика, подчиняющегося закону Кюри-Вейса.

20. В  $1 \text{ см}^3$  парамагнитной соли содержится  $10^{22}$  атомов с магнитным моментом в один магнетон Бора каждый. Соль помещается в однородное магнитное поле напряженностью  $10000 \text{ Гс}$ . Определите в процентах избыток параллельных полю спинов при комнатной температуре и температуре жидкого гелия.

## 5. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

### 5.1 Литература:

1. Аринштейн, Э. А. Элементы теоретической физики : учебное пособие / Э. А. Аринштейн. — Тюмень : ТюмГУ, 2011. — 164 с. — ISBN 978-5-400-00524-4. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/109687> (дата обращения: 17.04.2020). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
2. Гольдаде, В. А. Физика конденсированного состояния / В. А. Гольдаде, Л. С. Пинчук. — Минск : Белорусская наука, 2009. — 648 с. — ISBN 2227-8397. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <http://www.iprbookshop.ru/11505.html> (дата обращения: 17.04.2020). — Режим доступа: для авторизир. пользователей
3. Давыдов А. С. Квантовая механика /А. С. Даваыдов. – Москва: Наука, 1973. – 703 с.
4. Стрекалов, Ю. А. Физика твердого тела: Учебное пособие / Ю.А. Стрекалов, Н.А. Тенякова. - М.: ИЦ РИОР: НИЦ Инфра-М, 2018. - 307 с.: - (Высшее образование: Бакалавриат). - ISBN 978-5-369-00967-3. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/959952> (дата обращения: 17.04.2020). – Режим доступа: по подписке.
5. Корнилович, А. А. Физика твердого тела : учебное пособие / А. А. Корнилович, В. И. Ознобихин, И. И. Суханов. - Новосибирск : НГТУ, 2012. - 71 с. - ISBN 978-5-7782-2160-4. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/556765> (дата обращения: 17.04.2020). – Режим доступа: по подписке.

### 5.2. Электронные образовательные ресурсы:

1. Электронная библиотека Попечительского совета механико-математического факультета Московского государственного университета <http://lib.mexmat.ru>
2. Образовательная платформа Юрайт <https://urait.ru/>
2. eLIBRARY – Научная электронная библиотека (Москва) <http://elibrary.ru/>

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

**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 семинарского типа 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.  
РАЗРАБОТЧИК  
ЛЕНИН В.И.

ЭЛЕКТРОДИНАМИКА  
Рабочая программа  
для обучающихся по направлениям 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: ОПК-1.**

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

- студент должен овладеть математическим аппаратом электродинамики и свободно применять его на практике;

- при изложении электродинамики поля зарядов и токов в вакууме главное внимание должно быть уделено основным физическим понятиям теории электромагнитного поля Максвелла – Лоренца;

- изложить основные приближения для решения уравнений Максвелла;

- при изложении электродинамики поля зарядов и токов в среде обратить внимание на усреднение микроскопических уравнений Максвелла и различным вариантам макроскопических уравнений;

- уделить внимание физическим аспектам и методам расчета полей в материальных средах.

## 2. Структура и трудоемкость дисциплины

Таблица 1

Вид учебной работы		Всего часов	Кол-во часов в семестре (ак.ч.)
			5 (7)*
<b>Общая трудоемкость</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 консультации, иную контактную работу и самостоятельную работу обучающегося</b>		76	76
Вид промежуточной аттестации (зачет, диф. зачет, экзамен)			Дифференцированный зачет

\* – в соответствии с учебным планом профиля.

### 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 7 семестре	34	34	0	68
	Электродинамика	34	34	0	68
1	Вводная лекция	2	0	0	2
2	Основы векторного анализа 1	0	2	0	2
3	Консультация перед экзаменом	0	0	0	0
4	Уравнения Максвелла	2	0	0	2
5	Основные положения векторного анализа 2	0	2	0	2
6	Консультация перед экзаменом	0	0	0	0
7	Электростатическое поле	2	0	0	2
8	Электростатическое поле 1	0	2	0	2
9	Консультация перед экзаменом	0	0	0	0
10	Электростатическое поле. Граничные условия	2	0	0	2
11	Мультиполное разложение	0	2	0	2
12	Консультация перед экзаменом	0	0	0	0
13	Законы сохранения	2	0	0	2
14	Электростатическое поле в среде	0	2	0	2
15	Консультация перед экзаменом	0	0	0	0
16	Мультиполное разложение	2	0	0	2
17	Электростатическое поле 4	0	2	0	2
18	Консультация перед экзаменом	0	0	0	0
19	Электростатическое поле в среде	2	0	0	2
20	Мультиполное разложение	0	2	0	2
21	Консультация перед экзаменом	0	0	0	0
22	Законы постоянного электрического тока	2	0	0	2
23	Закон Ома, закон Джоуля-Ленца, правила Кирхгофа	0	2	0	2
24	Консультация перед экзаменом	0	0	0	0
25	Магнитное поле постоянного тока	2	0	0	2
26	Контрольная работа	0	2	0	2
27	Консультация перед экзаменом	0	0	0	0
28	Магнитное поле. Граничные условия	2	0	0	2

29	Магнитное поле постоянного тока 1	0	2	0	2
30	Консультация перед экзаменом	0	0	0	0
31	Магнитный момент	2	0	0	2
32	Магнитное поле постоянного тока 2	0	2	0	2
33	Консультация перед экзаменом	0	0	0	0
34	Потенциалы электромагнитного поля	2	0	0	2
35	Магнитный момент	0	2	0	2
36	Консультация перед экзаменом	0	0	0	0
37	Магнитное поле в среде	2	0	0	2
38	Потенциалы электромагнитного поля, калибровочная инвариантность	0	2	0	2
39	Консультация перед экзаменом	0	0	0	0
40	Потенциалы электромагнитного поля в дипольном приближении	2	0	0	2
41	Произвольные поля 1	0	2	0	2
42	Консультация перед экзаменом	0	0	0	0
43	Электромагнитное поле электрического дипольного излучения	2	0	0	2
44	Произвольные поля 2	0	2	0	2
45	Консультация перед экзаменом	0	0	0	0
46	Магнитное дипольное и электрическое квадрупольное излучение	2	0	0	2
47	Теория излучения 1	0	2	0	2
48	Свойства излучения	2	0	0	2
49	Теория излучения 2	0	2	0	2
50	Консультация перед экзаменом	0	0	0	0
51	Дифференцированный зачёт	0	0	0	0
	Итого (ак. часов)	34	34	0	68

#### 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.

В случае, если обучающиеся внимательно прочитает данный документ и обратят внимание Нерадовского Д.Ф. на этот пункт, он имеет право получить автоматом положительную оценку по дисциплине не ниже «хорошо» (на выбор преподавателя). Обратиться к Нерадовскому Д.Ф. нужно не позднее дня экзамена (согласно текущему расписанию сессии).

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. Яцкевич, В. А. Классическая электродинамика : учебное пособие / В. А. Яцкевич. - Москва ; Вологда : Инфра-Инженерия, 2020. - 140 с.- ISBN 978-5-9729-0477-8. - Текст : электронный.

- URL: <https://znanium.com/catalog/product/1167739> (дата обращения: 29.05.2022). – Режим доступа: по подписке.

2. Ан, А. Ф. Основы классической электродинамики : учебное пособие / А. Ф. Ан, А. В. Самохин. - Москва ; Вологда : Инфра-Инженерия, 2020. - 204 с. - ISBN 978-5-9729-0485-3. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1168500> (дата обращения: 29.05.2022). – Режим доступа: по подписке.

## **5.2 Электронные образовательные ресурсы:**

На усмотрение обучающихся))

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

Вообще даром не сдались.

## **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 семинарского типа 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.

РАЗРАБОТЧИК

Вершинин В.Е.

ОСНОВЫ ГИДРОДИНАМИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ФИЛЬТРАЦИОННЫХ  
ПРОЦЕССОВ

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:**  
Формируемые компетенции для направления подготовки 03.03.02 Физика: ПК-1, ПК-2, ПК-3.

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

В результате освоения дисциплины «Основы гидродинамического моделирования фильтрационных процессов» обучающийся должен получить:

**знания:**

- терминологии, применяемой при моделировании процесса разработки нефтяных и газовых месторождений

- физических допущений, лежащих в основе базовых математических моделей, используемых при описании фильтрационных течений;

- основных методов численного решения задач гидродинамического моделирования разработки нефтяных и газовых месторождений;

**умения:**

- создавать входные файлы гидродинамических моделей месторождений жидких и газообразных углеводородов на основе геологических моделей месторождения и данных лабораторных исследований образцов керна и проб нефти и газа;

- анализировать результаты гидродинамического моделирования, проводить адаптацию моделей на историю и делать прогнозные расчеты.

**навыки:**

- создания файлов с данными, необходимыми для запуска гидродинамических симуляторов;

- проведения расчетов на гидродинамических симуляторах;

- анализа результатов моделирования фильтрационных течений.

## 2. Структура и трудоемкость дисциплины

Таблица 1

Вид учебной работы		Всего часов	Кол-во часов в семестре (ак.ч.)
			8
<b>Общая трудоемкость</b>	зач. ед.	4	4
	час	144	144
<b>Часы аудиторной работы (всего):</b>		72	72
Лекции		36	36
Практические занятия		0	0
Лабораторные / практические занятия по подгруппам		36	36
<b>Часы внеаудиторной работы, включая консультации, иную контактную работу и самостоятельную работу обучающегося</b>		72	72
Вид промежуточной аттестации (зачет, диф. зачет, экзамен)			Экзамен

### 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 8 семестре	36	0	36	72
1	Основные уравнения одно и многофазной фильтрации.	2	0	0	2
2	Основные уравнения одно–двух-трехфазной фильтрации в сжимаемых породах.	0	0	2	2
3	Система уравнений и граничных условий, описывающих процесс движения нефти и газа в пласте.	0	0	2	2
4	Уравнения притока к скважине. Двухфазное вытеснение	2	0	0	2
5	Консультация	0	0	0	0
6	Задача Баклея-Левверетта	2	0	0	2
7	Понятие о численных методах решения уравнений в частных производных. Переход к конечно-разностным уравнениям. Явный и неявный методы решения систем уравнений фильтрации.	0	0	2	2
8	Задание исходных опций моделирования в пакете Eclipse Office. Способы геометрического описания месторождения.	0	0	2	2
9	Консультация	0	0	0	0
10	Методы численного решения систем уравнений фильтрации.	2	0	0	2
11	Задание физических свойств породы.	0	0	2	2
12	Задание функций относительной фазовой проницаемости	0	0	2	2
13	Построение сетки. Равномерные и неравномерные сетки.	2	0	0	2
14	Консультация	0	0	0	0
15	Декартовы и радиальные системы координат	2	0	0	2
16	Консультация	0	0	0	0

17	Уравнения состояния воды, нефти и газа. Модель черной нефти.	0	0	2	2
18	Инициализация гидродинамической модели	0	0	2	2
19	Консультация	0	0	0	0
20	Основные типы пород и их физические свойства	2	0	0	2
21	Консультация	0	0	0	0
22	Задание фильтрационно-емкостных свойств породы	2	0	0	2
23	Задание кривых относительной фазовой проницаемости	2	0	0	2
24	Описание скважин и режимов их работы в гидродинамической модели	0	0	2	2
25	Адаптация модели на историю	0	0	2	2
26	Консультация	0	0	0	0
27	Задание кривых капиллярного давления	2	0	0	2
28	Анализ чувствительности модели	0	0	2	2
29	Прогнозирование и оптимизация работы скважин.	0	0	2	2
30	Уравнения состояния воды, нефти и газа	2	0	0	2
31	Консультация	0	0	0	0
32	Консультация	0	0	0	0
33	Инициализация модели	2	0	0	2
34	Описание водоносных пластов	2	0	0	2
35	Консультация	0	0	0	0
36	Моделирование работы нефтяного месторождения	0	0	2	2
37	Оптимизация расположения скважин	0	0	2	2
38	Задание скважин в гидродинамическом симуляторе	2	0	0	2
39	Экономические ограничения на работу скважин	2	0	0	2
40	Консультация	0	0	0	0
41	Оптимизация режимов работы скважин.	0	0	2	2
42	Оптимизация режимов работы системы поддержания пластового давления	0	0	2	2
43	Консультация	0	0	0	0
44	Воспроизведение истории разработки месторождения	2	0	0	2
45	Консультация	0	0	0	0
46	Прогнозирование и оптимизация работы месторождения	2	0	0	2
47	Консультация	0	0	0	0
48	Режимы разработки нефтяных месторождений.	2	0	0	2
49	Консультация	0	0	0	0

50	Построение модели газового месторождения	0	0	2	2
51	Прогнозирование и оптимизация добычи газового месторождения	0	0	2	2
52	Консультация перед экзаменом	0	0	0	0
53	Экзамен	0	0	0	0
	Итого (ак. часов)	36	0	36	72

#### 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 экзамена. В случае, если обучающиеся внимательно прочитают данный документ и обратят внимание Вершинина В.Е. на этот пункт, они имеют право получить автоматом положительную оценку по дисциплине не ниже «хорошо» (на выбор преподавателя). Обратиться к Вершинину В.Е. нужно не позднее дня экзамена (согласно текущему расписанию сессии).

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. Физико-математическое моделирование: учебное пособие / А. Б. Шабаров [и др.]; рец.: В. Н. Антипов, Ю. Д. Земенков; Тюм. гос. ун-т, Ин-т физики и химии. — Тюмень: Изд-во Тюм. гос. ун-та, 2014. — 2-Лицензионный договор №222/2016-03-02; 2-Лицензионный договор №222/1/2016-03-02; 2-Лицензионный договор №222/2/2016-03-02; 2-Лицензионный договор №222/3/2016-03-02; 2-Лицензионный договор №222/4/2016-03-02. — Доступ по паролю из сети Интернет (чтение). — <URL: [https://library.utmn.ru/dl/PPS/Shabarov\\_Primakov\\_222\\_222\(1\)\\_Fiziko\\_matemat\\_model\\_UP\\_2014.pdf](https://library.utmn.ru/dl/PPS/Shabarov_Primakov_222_222(1)_Fiziko_matemat_model_UP_2014.pdf) > (дата обращения: 29.05.2022).

2. Шадрина, А. В. Основы нефтегазового дела / А. В. Шадрина, В. Г. Крец. — 3-е изд. — Москва : Интернет-Университет Информационных Технологий (ИНТУИТ), Ай Пи Эр Медиа, 2019. — 213 с. — ISBN 978-5-4486-0516-1. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <http://www.iprbookshop.ru/79709.html> (дата обращения: 29.05.2022). — Режим доступа: для авторизир. пользователей

##### 5.2 Электронные образовательные ресурсы:

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

**Лицензионное ПО:** необходим пакет программ Microsoft Office, необходимо наличие программного обеспечения tNavigator, необходимо наличие пакета программ Яндекс 360.

**Свободно распространяемое ПО, в том числе отечественного производства:** необходима программа для запуска виртуальной машины Oracle VM VirtualBox.

#### **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.

Компьютерный класс для проведения занятий лабораторного типа оснащён следующими техническими средствами обучения и оборудованием: учебная мебель, доска аудиторная, 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

Вершинин В.Е.

ТЕОРИЯ ФИЛЬТРАЦИИ

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:**  
Формируемые компетенции для направления подготовки 03.03.02 Физика: ПК-1, ПК-2, ПК-3.

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

В результате освоения дисциплины «Теория фильтрации» обучающийся должен получить:  
**знания:**

- терминологии, применяемой при описании процесса разработки нефтяных и газовых месторождений

- физических допущений, лежащих в основе базовых математических моделей, используемых при описании фильтрационных течений;

- общепринятых способов задания основных физических свойств пластовой системы;

- методики задания основных физических свойств жидких и газообразных углеводородов;

**умения:**

- анализировать свойства месторождений жидких и газообразных углеводородов на основе геологических моделей месторождения и данных лабораторных исследований образцов керна и проб нефти и газа;

- проводить расчёты фильтрационно-емкостных свойств пласта и расходных характеристик.

**навыки:**

- проведения расчетов фильтрационно-емкостных свойств пласта

- анализа результатов моделирования фильтрационных течений.

## 2. Структура и трудоемкость дисциплины

Таблица 1

Вид учебной работы		Всего часов	Кол-во часов в семестре (ак.ч.)
			7
<b>Общая трудоемкость</b>	<b>зач. ед.</b>	5	5
	<b>час</b>	180	180
Из них:			
<b>Часы аудиторной работы (всего):</b>		86	86
Лекции		34	34
Практические занятия		0	0
Лабораторные / практические занятия по подгруппам		52	52
<b>Часы внеаудиторной работы, включая консультации, иную контактную работу и самостоятельную работу обучающегося</b>		94	94
Вид промежуточной аттестации (зачет, диф. зачет, экзамен)			Экзамен



### 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 теорию фильтрации. Основные понятия и определения.	2	0	0	2
2	Петрофизические свойства горных пород 1	2	0	0	2
3	Консультация	0	0	0	0
4	Петрофизические свойства горных пород	0	0	4	4
5	Консультация	0	0	0	0
6	Петрофизические свойства горных пород 2	4	0	0	4
7	Анализ лабораторных исследований по определению проницаемости	0	0	4	4
8	Консультация	0	0	0	0
9	Упругие свойства горных пород	4	0	0	4
10	Анализ лабораторных исследований по определению сжимаемости	0	0	4	4
11	Консультация	0	0	0	0
12	Анализ лабораторных исследований по определению сжимаемости	0	0	4	4
13	Консультация	0	0	0	0
14	Физико-химические свойства флюидов	4	0	0	4
15	Консультация	0	0	0	0
16	Анализ свойств флюидов	0	0	4	4
17	Консультация	0	0	0	0
18	Анализ свойств флюидов	0	0	4	4
19	Консультация	0	0	0	0
20	Капиллярное давление. Насыщенность пористой среды	4	0	0	4
21	Анализ капилляриметрических исследований	0	0	4	4
22	Консультация	0	0	0	0
23	Анализ капилляриметрических исследований	0	0	4	4
24	Консультация	0	0	0	0

25	Гидродинамические исследования скважин	4	0	0	4
26	Гидродинамические исследования скважин	0	0	4	4
27	Консультация	0	0	0	0
28	Система уравнений фильтрации	4	0	0	4
29	Система уравнений фильтрации	0	0	4	4
30	Консультация	0	0	0	0
31	Система уравнений фильтрации	0	0	4	4
32	Консультация	0	0	0	0
33	Система уравнений фильтрации	4	0	0	4
34	Система уравнений фильтрации	0	0	4	4
35	Консультация	0	0	0	0
36	Уравнение материального баланса	2	0	0	2
37	Консультация	0	0	0	0
38	Уравнение материального баланса	0	0	4	4
39	Консультация перед экзаменом	0	0	0	0
40	Экзамен	0	0	0	0
53	Экзамен	0	0	0	0
	Итого (ак. часов)	34	0	52	86

#### 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 экзамена. В случае, если обучающиеся внимательно прочитают данный документ и обратят внимание Вершинина В.Е. на этот пункт, они имеют право получить автоматом положительную оценку по дисциплине не ниже «хорошо» (на выбор преподавателя). Обратиться к Вершинину В.Е. нужно не позднее дня экзамена (согласно текущему расписанию сессии).

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. Физико-математическое моделирование: учебное пособие / А. Б. Шабаров [и др.]; рец.: В. Н. Антипов, Ю. Д. Земенков; Тюм. гос. ун-т, Ин-т физики и химии. — Тюмень: Изд-во Тюм. гос. ун-та, 2014. — 2-Лицензионный договор №222/2016-03-02; 2-Лицензионный договор №222/1/2016-03-02; 2-Лицензионный договор №222/2/2016-03-02; 2-Лицензионный договор №222/3/2016-03-02; 2-Лицензионный договор №222/4/2016-03-02. — Доступ по паролю из сети Интернет (чтение). — <URL: [https://library.utmn.ru/dl/PPS/Shabarov\\_Primakov\\_222\\_222\(1\)\\_Fiziko\\_matemat\\_model\\_UP\\_2014.pdf](https://library.utmn.ru/dl/PPS/Shabarov_Primakov_222_222(1)_Fiziko_matemat_model_UP_2014.pdf) > (дата обращения: 29.05.2022).

2. Шадрина, А. В. Основы нефтегазового дела / А. В. Шадрина, В. Г. Крец. — 3-е изд. — Москва : Интернет-Университет Информационных Технологий (ИНТУИТ), Ай Пи Эр Медиа, 2019. — 213 с. — ISBN 978-5-4486-0516-1. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <http://www.iprbookshop.ru/79709.html> (дата обращения: 29.05.2022). — Режим доступа: для авторизир. пользователей

## **5.2 Электронные образовательные ресурсы:**

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

**Лицензионное ПО:** необходим пакет программ Microsoft Office, необходимо наличие программного обеспечения Яндекс 360.

## **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.

Компьютерный класс для проведения занятий лабораторного типа оснащён следующими техническими средствами обучения и оборудованием: учебная мебель, доска аудиторная, персональные компьютеры.

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