

Документ подписан простой электронной подписью

Информация о владельце:

ФИО: Романчук Иван Сергеевич

Должность: Ректор

Дата подписания: 30.03.2022 11:46:00

Уникальный программный ключ:

6319edc2b582ffdacea443f01d5779368d0957ac34f5cd074d81181330452479

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

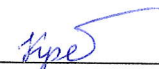
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования

«ТЮМЕНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

УТВЕРЖДАЮ

Заместитель директора

Физико-технического института
по учебной работе


С.А. Креков
« 23 » 06. 2021 г.

МЕХАНИКА

Рабочая программа дисциплины
для обучающихся по направлению подготовки

16.03.01 Техническая физика

Профиль: Техническая физика в нефтегазовых технологиях
форма обучения: очная

Семихин В.И. Механика. Рабочая программа дисциплины для обучающихся по направлению подготовки 16.03.01 Техническая физика, профиль Техническая физика в нефтегазовых технологиях, форма обучения очная. Тюмень, 2021.

Рабочая программа дисциплины опубликована на сайте ТюмГУ:
<https://www.utmn.ru/sveden/education/#>.

© Тюменский государственный университет, 2021.

© Семихин В.И., 2021.

1. Пояснительная записка

Механика — раздел физики, изучающий движение и взаимодействие материальных тел. Механика включает в себя три раздела:

- кинематика — раздел механики, изучающий движение тел вне связи с причинами, вызывающими это движение;
- статика — раздел механики, изучающий законы равновесия системы тел;
- динамика — раздел механики, изучающий законы движения тел и причины, которые вызывают или изменяют это движение.

Курс «Механика» состоит из лекционного блока, практических и лабораторных занятий.

Целью дисциплины является формирование у студентов представления о физической картине окружающего мира, понимание взаимосвязи различных физических явлений и процессов в окружающем мире, приобретение навыков правильного и осознанного проведения экспериментальных исследований, обращения с измерительными приборами и аппаратурой, корректной обработки экспериментальных данных, а также получение опыта в применении теоретических знаний в экспериментальной работе и в анализе любого получившегося в эксперименте результата.

Задачи дисциплины:

1. изучение основных законов классической механики;
2. изучение основ специальной теории относительности;
3. приобретение навыков решения задач механики;
4. получение навыков применения теоретического материала к анализу конкретных физических ситуаций, экспериментального наблюдения и изучения механических процессов, оценки точности и достоверности полученных результатов;
5. освоение современной измерительной аппаратуры, принципа её действия, с основными элементами техники безопасности при проведении экспериментальных исследований.

1.1. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Данная дисциплина входит в блок Б1 Дисциплины (модули), обязательная часть.

Для успешного изучения дисциплины необходимы знания и умения, приобретаемые параллельно в результате освоения дисциплины «Введение в математический анализ», «Принципы естественнонаучного познания».

Знания, полученные в ходе изучения дисциплины «Механика» необходимы для изучения последующих дисциплин общей физики: «Молекулярная физика», «Электричество и магнетизм», «Оптика», «Физика атома, ядра и элементарных частиц»; а также при освоении дисциплин «Теоретическая и прикладная механика», «Сопроотивление материалов и теория прочности».

1.2. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения данной дисциплины

Таблица 1

Код и наименование компетенции (из ФГОС ВО)	Код и наименование части компетенции	Планируемые результаты обучения (знаниевые/функциональные)
ОПК-3: способен самостоятельно осваивать современную физическую, аналитическую и технологическую аппаратуру различного назначения и работать на ней	–	Знает фундаментальные разделы общей физики; методы измерений и исследований, основанные на различных физических эффектах; современные тенденции развития технической физики
		Умеет применять физические законы и расчетные формулы при решении конкретных задач; получать расчетные формулы для различных установок и систем; планировать и проводить эксперимент, обрабатывать его результаты, оценивать погрешность полученных результатов
ОПК-4: способен самостоятельно проводить теоретические и экспериментальные исследования в избранной области технической физики, использовать основные приемы обработки и представления полученных данных, учитывать современные тенденции развития технической физики в своей профессиональной деятельности	–	Знает избранные области экспериментальных физических исследований в области технической физики; современную приборную базу, тенденции ее развития
		Умеет использовать различные метрические системы; работать с различной измерительной и аналитической аппаратурой, оценивать достоверность и погрешность измерений

2. Структура и объем дисциплины

Таблица 2

Вид учебной работы		Всего часов (академические часы)	Часов в семестре (академические часы)
			1 семестр
Общий объем	зач. ед.	8	8
	час	288	288
Из них:			
Часы контактной работы (всего):		138	138
Лекции		32	32
Практические занятия		48	48
Лабораторные / практические занятия по подгруппам		56	56
Консультации и иная контактная работа		2	2
Часы внеаудиторной работы, включая самостоятельную работу обучающегося		150	150
Вид промежуточной аттестации			Экзамен

3. Система оценивания

3.1. При текущем контроле учитывается несколько видов деятельности обучающихся:

- активность на практических занятиях (0-5 баллов);
- самостоятельное решение задач дома и их разбор на практических занятиях (0-5 баллов);
- выполнение лабораторных работ: сдача обязательного допуска к выполнению практической части лабораторной работы (0-2 баллов), выполнение лабораторной работы и обработка полученных результатов (0-3 баллов), защита выполненной работы перед преподавателем в формате собеседования по контрольным вопросам (0-5 баллов).

Форма промежуточной аттестации в дисциплине — экзамен.

Экзамен возможно получить автоматически при освоении 65% материала: оценка «удовлетворительно» (количество баллов, полученных при освоении дисциплины на учебных встречах в семестре — 195).

Обязательным условием получение положительной оценки («удовлетворительно», «хорошо» или «отлично») за экзамен по дисциплине является защита 12 лабораторных работ; в ином случае студент автоматически получает оценку «неудовлетворительно».

Для получения отметки «хорошо» или «отлично» студент сдает экзамен в устно-письменной (устной) форме. От письменной части экзамена (решение трёх задач предложенного варианта) освобождаются студенты, успешно (более чем на 50%) решившие контрольные работы № 1, № 2 и № 3. При условии успешного решения только одной контрольной работы студент освобождается от одной задачи на экзамене по выбору преподавателя, а также при успешном решении двух контрольных работ — от двух задач по выбору преподавателя.

4. Содержание дисциплины

4.1. Тематический план дисциплины

Таблица 3

№ п/п	Наименование тем и/или разделов	Объем дисциплины, час.				
		Всего	Виды аудиторной работы (академические часы)			Консультации и иная контактная работа
			Лекции	Практические занятия	Лабораторные/ практические занятия по подгруппам	
1	2	3	4	5	6	7
<i>Лекции</i>						
1.	Введение	2	2	0	0	0
2.	Кинематика материальной точки	6	4	0	0	0
3.	Пространство и время	4	2	0	0	0
4.	Динамика материальной точки	4	2	0	0	0
5.	Закон сохранения импульса	4	2	0	0	0
6.	Закон сохранения энергии	4	2	0	0	0
7.	Неинерциальные системы отсчета	4	2	0	0	0

8.	Основы специальной теории относительности	4	2	0	0	0
9.	Динамика твердого тела	6	4	0	0	0
10.	Основы механики деформируемых тел	4	2	0	0	0
11.	Колебательное движение	6	4	0	0	0
12.	Механика жидкостей и газов	4	2	0	0	0
13.	Волны в сплошной среде	4	2	0	0	0
<i>Практические занятия</i>						
14.	Кинематика материальной точки	10	0	8	0	0
15.	Пространство и время	8	0	4	0	0
16.	Динамика материальной точки	10	0	2	0	0
17.	Контрольная работа № 1	2	0	2	0	0
18.	Закон сохранения импульса	10	0	4	0	0
19.	Закон сохранения энергии	10	0	4	0	0
20.	Основы специальной теории относительности	8	0	6	0	0
21.	Контрольная работа № 2	2	0	2	0	0
22.	Динамика твердого тела	10	0	4	0	0
23.	Колебательное движение	10	0	8	0	0
24.	Механика жидкостей и газов	8	0	2	0	0
25.	Контрольная работа № 3	2	0	2	0	0
<i>Лабораторные занятия</i>						
26.	Техника безопасности при работе в физической лаборатории. Определение плотности твердого тела	10	0	0	4	0
27.	Изучение качения тела о наклонной плоскости как пример плоского движения	10	0	0	4	0

28.	Определение ускорения свободного падения с помощью обратного и математического маятника	10	0	0	4	0
29.	Определение скорости пули с помощью баллистического маятника	10	0	0	4	0
30.	Проверка основного закона динамики вращательного движения с помощью маятника Обербека	10	0	0	4	0
31.	Изучение движения маятника Максвелла	10	0	0	4	0
32.	Определение момента инерции тела методом крутильных колебаний	10	0	0	4	0
33.	Изучение прецессии свободного гироскопа	10	0	0	4	0
34.	Определение модуля упругости твердого тела	10	0	0	4	0
35.	Определение модуля сдвига методом кручения	10	0	0	4	0
36.	Изучение затухающих колебаний	10	0	0	4	0
37.	Изучение вынужденных колебаний	10	0	0	4	0
38.	Проверка уравнения Бернулли	10	0	0	4	0
39.	Определение скорости звука в воздухе	10	0	0	4	0
	Экзамен	2	0	0	0	2
	Итого (часов)	288	32	48	56	2

4.2. Содержание дисциплины по темам

Темы лекций:

1. **«Введение»**
 - Предмет физики.
 - Сочетание экспериментальных и теоретических методов в познании окружающей природы.
 - Роль модельных представлений.
 - Физические величины, их измерение и оценка точности и достоверности полученных результатов.
2. **«Кинематика материальной точки»**
 - Способы описания движения.
 - Закон движения.
 - Линейная скорость и линейное ускорение.
 - Криволинейное движение.
 - Нормальное, тангенциальное и полное ускорение.
 - Вращательное движение, угловая скорость и угловое ускорение.
3. **«Пространство и время»**
 - Свойства пространства и времени в классической механике.
 - Принцип относительности и преобразования координат Галилея.
 - Следствия из преобразования координат, закон сложения скоростей.
 - Инварианты.
4. **«Динамика материальной точки»**
 - Понятия массы, импульса и силы в механике Ньютона.
 - Виды взаимодействия и свойства соответствующих им сил.
 - Законы Ньютона.
 - Система взаимодействующих материальных точек.
 - Уравнение движения.
5. **«Закон сохранения импульса»**
 - Замкнутые системы материальных точек.
 - Закон сохранения импульса замкнутой системы.
 - Абсолютно упругое и неупругое взаимодействия.
6. **«Закон сохранения энергии»**
 - Работа силы.
 - Консервативные силы и потенциальные силовые поля.
 - Критерий потенциальности.
 - Кинетическая и потенциальная энергия материальной точки и системы материальных точек.
 - Движение тел с переменной массой.
 - Уравнение Мещерского.
 - Формула Циолковского.
7. **«Неинерциальные системы отсчета»**
 - Движение материальной точки в неинерциальной системе отсчета.
 - Силы инерции, преобразование ускорений в классической механике.
 - Вращающиеся системы отсчета.
 - Переносное и Кориолисово ускорение.
 - Центробежная и Кориолисова силы инерции.
 - Законы сохранения.
 - Принцип эквивалентности.
8. **«Основы специальной теории относительности»**
 - Принцип относительности, постулаты Эйнштейна.

- Пространство и время в теории относительности.
- Преобразования координат Лоренца.
- Следствия из преобразования координат: относительность одновременности, сокращение длины движущихся отрезков и замедление хода движущихся часов.

- Закон сложения скоростей.
- Интервал, инвариантность интервала.
- Релятивистское уравнение движения.
- Релятивистская энергия, соотношение между массой и энергией.

9. «Динамика твердого тела»

- Момент силы относительно точки и оси.
- Момент импульса.
- Закон динамики вращательного движения.
- Момент инерции.
- Теорема Штейнера.
- Понятие о тензоре инерции, оси свободного вращения.
- Плоское движение твердого тела.
- Физический маятник.
- Кинетическая энергия твердого тела.
- Закон сохранения момента импульса.
- Гироскопы, прецессия гироскопа.

10. «Основы механики деформируемых тел»

- Виды деформаций и их количественные характеристики.
- Закон Гука.
- Упругие характеристики материалов: модуль Юнга, модуль сдвига, коэффициент Пуассона.

- Энергия упругих деформаций.

11. «Колебательное движение»

- Кинематика гармонических колебаний.
- Динамика гармонических колебаний, уравнение гармонического осциллятора.
- Принцип суперпозиции.
- Сложение гармонических колебаний одинакового направления.
- Сложение взаимно перпендикулярных колебаний, фигуры Лиссажу.
- Затухающие колебания.
- Логарифмический декремент затухания и добротность.
- Вынужденные колебания.
- Амплитудная и фазовая резонансные кривые.
- Процесс установления колебаний.
- Параметрические колебания.
- Автоколебания.
- Колебания систем с двумя степенями свободы.

12. «Механика жидкостей и газов»

- Основные свойства жидкостей и газов.
- Законы гидростатики.
- Стационарное течение жидкости, линии и трубки тока.
- Уравнение неразрывности.
- Уравнение Бернулли.
- Стационарное течение вязкой жидкости.
- Формула Пуазейля.
- Уравнение Эйлера.
- Движение тел в жидкостях и газах, силы трения.

13. «Волны в сплошной среде»

- Волны в жидкостях и газах.
- Волновое уравнение.
- Уравнение плоской волны.
- Характеристики волнового движения: длина волны, скорость распространения, период, частота.
- Граничные условия.
- Стоячие волны на струне, в стержне, в столбе газа.
- Нормальные колебания.
- Акустические резонаторы.
- Поток энергии в бегущей волне.
- Вектор Умова.
- Ультразвук. Применение в науке и технике.

Темы практических занятий:

1. «Кинематика материальной точки»

Решение задач по следующим темам:

- способы описания движения;
- закон движения;
- линейная скорость и линейное ускорение;
- криволинейное движение;
- нормальное, тангенциальное и полное ускорение;
- вращательное движение, угловая скорость и угловое ускорение.

2. «Пространство и время»

Решение задач по следующим темам:

- свойства пространства и времени в классической механике;
- принцип относительности и преобразования координат Галилея;
- следствия из преобразования координат, закон сложения скоростей;
- инварианты.

3. «Динамика материальной точки»

Решение задач по следующим темам:

- понятия массы, импульса и силы в механике Ньютона;
- виды взаимодействия и свойства соответствующих им сил;
- законы Ньютона;
- система взаимодействующих материальных точек;
- уравнение движения.

4. «Контрольная работа № 1»

Контрольная работа № 1 по темам 1, 2, 3 практических занятий.

5. «Закон сохранения импульса»

Решение задач по следующим темам:

- замкнутые системы материальных точек;
- закон сохранения импульса замкнутой системы;
- абсолютно упругое и неупругое взаимодействия.

6. «Закон сохранения энергии»

Решение задач по следующим темам:

- работа силы;
- консервативные силы и потенциальные силовые поля;
- критерий потенциальности;
- кинетическая и потенциальная энергия материальной точки и системы материальных точек;

- движение тел с переменной массой;
- уравнение Мещерского;
- формула Циолковского.

7. «Основы специальной теории относительности»

Решение задач по следующим темам:

- принцип относительности, постулаты Эйнштейна;
- пространство и время в теории относительности;
- преобразования координат Лоренца;
- следствия из преобразования координат: относительность одновременности, сокращение длины движущихся отрезков и замедление хода движущихся часов;
- закон сложения скоростей;
- интервал, инвариантность интервала;
- релятивистское уравнение движения;
- релятивистская энергия, соотношение между массой и энергией.

8. «Контрольная работа № 2»

Контрольная работа № 2 по темам 5, 6, 7 практических занятий.

9. «Динамика твердого тела»

Решение задач по следующим темам:

- плоское движение твердого тела;
- физический маятник;
- кинетическая энергия твердого тела;
- закон сохранения момента импульса;
- гироскопы, прецессия гироскопа.

10. «Колебательное движение»

Решение задач по следующим темам:

- кинематика гармонических колебаний;
- динамика гармонических колебаний, уравнение гармонического осциллятора;
- принцип суперпозиции;
- сложение гармонических колебаний одинакового направления;
- сложение взаимно перпендикулярных колебаний, фигуры Лиссажу;
- затухающие колебания;
- логарифмический декремент затухания и добротность;
- вынужденные колебания;
- амплитудная и фазовая резонансные кривые;
- процесс установления колебаний;
- параметрические колебания;
- автоколебания;
- колебания систем с двумя степенями свободы.

11. «Механика жидкостей и газов»

Решение задач по следующим темам:

- волны в жидкостях и газах;
- волновое уравнение;
- уравнение плоской волны;
- характеристики волнового движения: длина волны, скорость распространения, период, частота;
- граничные условия;
- стоячие волны на струне, в стержне, в столбе газа;
- нормальные колебания;
- акустические резонаторы;
- поток энергии в бегущей волне;

- вектор Умова;
- ультразвук.

12. «Контрольная работа № 3»

Контрольная работа № 3 по дисциплине по темам 9, 10, 11 практических занятий.

Темы лабораторных занятий:

1. «Техника безопасности при работе в физической лаборатории. Определение плотности твердого тела»

Лабораторная работа № 1. Студенты знакомятся с правилами техники безопасности при нахождении в физической лаборатории и при выполнении лабораторных работ; изучают основы математической обработки результатов измерения. Определяют плотность твердого тела.

2. «Изучение качения тела о наклонной плоскости как пример плоского движения»

Лабораторная работа № 2. Используя основные кинематические формулы и измеряя дальность полета тела, обучающиеся определяют скорость тела в конце наклонной плоскости и сравнивают со скоростью, полученной из уравнений динамики вращательного движения.

3. «Определение ускорения свободного падения с помощью обратного и математического маятника»

Лабораторная работа № 3. Измеряя период колебания математического и физического маятников, студенты определяют ускорение свободного падения.

4. «Определение скорости пули с помощью баллистического маятника»

Лабораторная работа № 4. Измеряя угол отклонения при выстреле и период колебаний маятника, а также используя законы сохранения, студенты вычисляют скорость пули.

5. «Проверка основного закона динамики вращательного движения с помощью маятника Обербека»

Лабораторная работа № 5. Лабораторная работа состоит из трех упражнений. На основании результатов первых двух упражнений в третьем упражнении проверяется теорема Штейнера.

6. «Изучение движения маятника Максвелла»

Лабораторная работа № 6. Работа посвящена изучению вращательного движения твердого тела на примере плоского движения. Измеряя время падения колец с разной массой, определяется момент инерции каждого кольца. Сопоставляются полученные из эксперимента результаты с теоретическими.

7. «Определение момента инерции тела методом крутильных колебаний»

Лабораторная работа № 7. Измеряя периоды колебаний рамки с закрепленным твердым телом, студенты определяют моменты инерции твердого тела относительно различных осей вращения.

8. «Изучение прецессии свободного гироскопа»

Лабораторная работа № 8. Целью работы является исследование прецессионного движения гироскопа и проверка уравнения моментов для вращательного движения.

9. «Определение модуля упругости твердого тела»

Лабораторная работа № 9. На примере деформации изгиба деревянного стержня проверяется закон Гука и вычисляется модуль Юнга.

10. «Определение модуля сдвига методом кручения»

Лабораторная работа № 10. На примере деформации кручения стального стержня проверяется закон Гука и определяется модуль сдвига.

11. «Изучение затухающих колебаний»

Лабораторная работа № 11. В процессе проведения данной лабораторной работы определяются все основные характеристики затухающих колебаний.

12. «Изучение вынужденных колебаний»

Лабораторная работа № 12. Целью данной лабораторной работы является снятие резонансной кривой и определение добротности колебательной системы.

13. «Проверка уравнения Бернулли»

Лабораторная работа № 13. Целью данной лабораторной работы является экспериментальное изучение основных законов гидростатики и проверка уравнения Бернулли.

14. «Определение скорости звука в воздухе»

Лабораторная работа № 14. Целью данной лабораторной работы является изучение бегущих и стоячих звуковых волн и экспериментальная проверка отсутствия дисперсии звуковых волн.

5. Учебно-методическое обеспечение и планирование самостоятельной работы обучающихся

Таблица 4

№ темы	Темы	Формы СРС, включая требования к подготовке к занятиям
Лекции		
1.	Введение	Чтение основной и дополнительной литературы
2.	Кинематика материальной точки	Чтение основной и дополнительной литературы
3.	Пространство и время	Чтение основной и дополнительной литературы
4.	Динамика материальной точки	Чтение основной и дополнительной литературы
5.	Закон сохранения импульса	Чтение основной и дополнительной литературы
6.	Закон сохранения энергии	Чтение основной и дополнительной литературы
7.	Неинерциальные системы отсчета	Чтение основной и дополнительной литературы
8.	Основы специальной теории относительности	Чтение основной и дополнительной литературы
9.	Динамика твердого тела	Чтение основной и дополнительной литературы
10.	Основы механики деформируемых тел	Чтение основной и дополнительной литературы
11.	Колебательное движение	Чтение основной и дополнительной литературы
12.	Механика жидкостей и газов	Чтение основной и дополнительной литературы
13.	Волны в сплошной среде	Чтение основной и дополнительной литературы
Практические занятия		
14.	Кинематика материальной точки	Проработка лекций, решение задач
15.	Пространство и время	Проработка лекций, решение задач
16.	Динамика материальной точки	Проработка лекций, решение задач
17.	Контрольная работа № 1	Проработка лекций, решение задач
18.	Закон сохранения импульса	Проработка лекций, решение задач
19.	Закон сохранения энергии	Проработка лекций, решение задач
20.	Основы специальной теории относительности	Проработка лекций, решение задач
21.	Контрольная работа № 2	Проработка лекций, решение задач
22.	Динамика твердого тела	Проработка лекций, решение задач
23.	Колебательное движение	Проработка лекций, решение задач
24.	Механика жидкостей и газов	Проработка лекций, решение задач
25.	Контрольная работа № 3	Проработка лекций, решение задач

№ темы	Темы	Формы СРС, включая требования к подготовке к занятиям
Лабораторные занятия		
26.	Техника безопасности при работе в физической лаборатории. Определение плотности твердого тела	Подготовка отчета по лабораторной работе, проработка лекций
27.	Изучение качения тела о наклонной плоскости как пример плоского движения	Подготовка отчета по лабораторной работе, проработка лекций
28.	Определение ускорения свободного падения с помощью оборотного и математического маятника	Подготовка отчета по лабораторной работе, проработка лекций
29.	Определение скорости пули с помощью баллистического маятника	Подготовка отчета по лабораторной работе, проработка лекций
30.	Проверка основного закона динамики вращательного движения с помощью маятника Обербека	Подготовка отчета по лабораторной работе, проработка лекций
31.	Изучение движения маятника Максвелла	Подготовка отчета по лабораторной работе, проработка лекций
32.	Определение момента инерции тела методом крутильных колебаний	Подготовка отчета по лабораторной работе, проработка лекций
33.	Изучение прецессии свободного гироскопа	Подготовка отчета по лабораторной работе. Проработка лекций
34.	Определение модуля упругости твердого тела	Подготовка отчета по лабораторной работе, проработка лекций
35.	Определение модуля сдвига методом кручения	Подготовка отчета по лабораторной работе, проработка лекций
36.	Изучение затухающих колебаний	Подготовка отчета по лабораторной работе. Проработка лекций
37.	Изучение вынужденных колебаний	Подготовка отчета по лабораторной работе, проработка лекций
38.	Проверка уравнения Бернулли	Подготовка отчета по лабораторной работе, проработка лекций
39.	Определение скорости звука в воздухе	Подготовка отчета по лабораторной работе, проработка лекций

6. Промежуточная аттестация по дисциплине

6.1. Оценочные материалы для проведения промежуточной аттестации по дисциплине

Форма промежуточной аттестации — экзамен.

Экзамен включает устную часть — ответ по экзаменационному билету, и письменную часть — решение задач. Устная часть экзамена оценивает полученные знания по дисциплине путем собеседования с преподавателем по вопросам билета.

Качество знаний студентов, полученных по ходу освоения дисциплины, оцениваются по следующим критериям:

- «отлично»: студент дал полный ответ на теоретические вопросы, правильно решил задачу, продемонстрировал взаимосвязь теоретических основ кинематики, статики, динамики и практики;
- «хорошо»: студент показал систематические знания по дисциплине, способность применять их для решения практических задач, но имеются недочеты в ответах и решениях;

- «удовлетворительно»: студент имеет представление о законах механики и применении их в практике, недостаточно владеет теоретическими основами механики, в ответах и решениях допускает ошибки, которые может исправить под руководством преподавателя;
- «неудовлетворительно» – студент не имеет систематических знаний в области механики, слабо разбирается в практических вопросах и др., допускает принципиальные ошибки в ответах и решениях.

Задачи для подготовки к экзамену:

Вариант 1

1. На цилиндр, который может вращаться около горизонтальной оси, намотана нить. К концу нити привязали грузик и предоставили ему возможность опускаться. Двигаясь равноускоренно, грузик за время $t = 3,5$ с опустился на $H = 1,5$ м. Определить угловое ускорение цилиндра, если его радиус $R = 3,5$ см.
2. Камень брошен вверх под углом $\alpha = 60^\circ$ к горизонту. Кинетическая энергия камня в начальный момент времени равна 20 Дж. Определить кинетическую и потенциальную энергию камня в высшей точке его траектории. Спротивлением воздуха пренебречь.
3. Найти добротность осциллятора, у которого собственная частота $\omega_0 = 100$ с⁻¹, а время релаксации $\tau = 0,1$ с.

Вариант 2

1. Тело брошено под углом α к горизонту со скоростью v_0 . Каков максимальный радиус кривизны его траектории во время полета? Спротивлением воздуха пренебречь.
2. Вычислить работу, совершаемую при равноускоренном подъеме груза массой $m = 100$ кг на высоту $H = 4$ м за время $t = 2$ с.
3. Точка одновременно колеблется вдоль осей X и Y с одинаковой амплитудой и частотой. Получить уравнение траектории точки при разности фаз π и 2π . Изобразить вид траекторий движения.

Вопросы для подготовки к экзамену:

1. Поступательное движение. Перемещение, скорость, ускорение. Обратная задача.
2. Криволинейное движение, нормальное, тангенциальное и полное ускорение.
3. Вращательное движение. Угловое смещение, скорость, ускорение.
4. Принцип относительности Галилея, преобразование координат, следствия из преобразования координат Галилея.
5. Законы динамики Ньютона. Движение системы материальных точек.
6. Закон сохранения импульса. Нецентральный удар.
7. Работа в потенциальном силовом поле. Критерий потенциальности. Потенциальная энергия.
8. Кинетическая энергия. Закон сохранения энергии.
9. Принцип относительности Эйнштейна. Относительность одновременности.
10. Преобразование координат в теории относительности.
11. Сокращение длины при движении с большими скоростями.
12. Замедление хода движущихся часов. Собственное время.
13. Сложение скоростей в теории относительности.
14. «Поперечная» и «продольная» массы. Релятивистское уравнение движения.
15. Полная энергия релятивистской частицы и энергии покоя. Кинетическая энергия.
16. Вращательное движение. Момент сил относительно точки и относительно оси.
17. Основное уравнение динамики вращательного движения твердого тела.
18. Момент инерции. Вычисление момента инерции диска и шара.
19. Кинетическая энергия вращающегося тела. Полная кинетическая энергия движущегося тела.
20. Физический маятник, математический маятник.

21. Момент импульса, закон сохранения момента импульса.
22. Понятие о тензоре инерции. Свободные оси.
23. Гироскопы. Прецессия гироскопа. Гироскопический маятник.
24. Закон всемирного тяготения. Энергия гравитационного взаимодействия.
25. Законы Кеплера.
26. Первая, вторая и третья космические скорости.
27. Силы инерции в поступательно движущейся неинерциальной системе отсчета.
28. Силы инерции во вращающихся системах отсчета. Центробежная сила инерции.
29. Сила инерции Кориолиса. Кориолисово ускорение.
30. Кинематика гармонических колебаний.
31. Динамика гармонических колебаний. Уравнение гармонического осциллятора.
32. Энергия гармонических колебаний.
33. Сложение гармонических колебаний одинакового направления. Векторные диаграммы.
34. Сложение гармонических колебаний с близкими частотами. Биения.
35. Сложение взаимно перпендикулярных колебаний. Фигуры Лиссажу.
36. Затухающие колебания.
37. Вынужденные колебания. Резонанс.
38. Амплитудная и фазовая резонансные кривые.
39. Параметрические колебания, параметрический резонанс.
40. Движение тел переменной массы, уравнение Мещерского.
41. Формула Циолковского.
42. Общие свойства жидкостей и газов.
43. Уравнение динамики для жидкостей и газов.
44. Законы гидростатики.
45. Ламинарное и турбулентное течение жидкости. Уравнение Бернулли.
46. Течение вязкой жидкости. Закон Пуазейля.
47. Волны в сплошной среде. Волновое уравнение.
48. Плоские волны. Поперечные и продольные волны.
49. Интерференция волн. Стоячие волны.

6.2. Критерии оценивания компетенций:

Таблица 5

Карта критериев оценивания компетенций

№ п/п	Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенций, соотнесенные с планируемыми результатами обучения	Оценочные материалы	Критерии оценивания
1.	ОПК-3: способен самостоятельно осваивать современную физическую, аналитическую и технологическую аппаратуру различного назначения и работать на ней	Пороговый уровень (удовл.): Знает: основы эксплуатации физической и аналитической аппаратуры для проведения исследований. Умеет: пользоваться и выполнять простые операции на физическом и аналитическом оборудовании.	Отчеты по лабораторным работам, контрольные вопросы к лабораторным работам	Качество подготовки допуска к лабораторной работе. Полнота и правильность устных ответов на дополнительные вопросы преподавателя о работе лабораторной установки.

		<p>Базовый уровень (хор.): <i>Знает:</i> основы эксплуатации физической, аналитической и технологической аппаратуры для проведения исследований; некоторые методы исследований технологических процессов, явлений. <i>Умеет:</i> проводить учебные исследования процессов, явлений с помощью физической, аналитической и технологической аппаратуры.</p> <p>Повышенный уровень (отл.): <i>Знает:</i> основы профессиональной эксплуатации физической, аналитической и технологической аппаратуры для проведения исследований; эффективные методы исследований технологических процессов, явлений. <i>Умеет:</i> проводить учебно-научные исследования процессов, явлений с помощью физической, аналитической и технологической аппаратуры.</p>		<p>Правильность снятия измерений с соблюдением необходимых условий. Приведение уравнений, необходимых для расчетов. Правильность расчетов погрешности. Формулировка вывода к работе. Полнота и правильность ответов на контрольные вопросы к лабораторным работам.</p>
2.	<p>ОПК-4: способен самостоятельно проводить теоретические и экспериментальные исследования в избранной области технической физики, использовать основные приемы обработки и представления полученных данных, учитывать современные тенденции развития</p>	<p>Пороговый уровень освоения ОП (удовл.): <i>Знает:</i> основные понятия, законы и формулы механики. <i>Умеет:</i> применять фундаментальные законы механики к решению задач теоретического, экспериментального и прикладного характера.</p> <p>Базовый уровень (хор.): <i>Знает:</i> основные понятия, законы и формулы механики, условия их применимости.</p>	<p>Контрольные работы, отчеты по лабораторным работам, контрольные вопросы к лабораторным работам</p>	<p>Активность на практических занятиях. Правильность решений задач на практических задачах и в контрольных работах. Указание всех необходимых формул при решении контрольных работ. Демонстрация причинно-</p>

	<p>технической физики в своей профессиональной деятельности</p>	<p>Умеет: применять фундаментальные законы механики к решению задач теоретического, экспериментального и прикладного характера, выполнять физические измерения и оценивать получаемые результаты.</p> <p>Повышенный уровень (отл.):</p> <p>Знает: основные понятия, законы и формулы механики, условия их применимости, их теоретическое и экспериментальное обоснование.</p> <p>Умеет: применять фундаментальные законы механики к решению задач теоретического, экспериментального и прикладного характера, выполнять физические измерения и оценивать получаемые результаты, обосновывать методику физических измерений и оценивать их погрешность.</p>	<p>следственных связей при ответах на вопросы преподавателя. Правильность интерпретации физических законов.</p>
--	---	--	---

7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

7.1. Основная литература:

1. Сивухин, Д.В. Общий курс физики: учебное пособие для вузов: в 5 томах. Том 1: Механика / Сивухин Д.В. — 6-е изд., стер. — М.: ФИЗМАТЛИТ, 2014. — 560 с. Режим доступа: <https://znanium.com/catalog/product/470189> (дата обращения: 13.05.2021).

2. Зоммерфельд, А. Механика / А. Зоммерфельд; перевод Т.Е. Тамм; под редакцией Д.В. Сивухина. — 2-е изд. — Ижевск: Регулярная и хаотическая динамика, Институт компьютерных исследований, 2019. — 368 с. Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/92052.html> (дата обращения: 13.05.2021).

7.2. Дополнительная литература:

1. Основы механики: учебное пособие / С.Ф. Яцун, О.Г. Локтионова, В.Я. Мищенко, Е.Н. Политов. — 2-е изд., перераб. и доп. — М.: ИНФРА-М, 2019. — 248 с. Режим доступа: <https://znanium.com/catalog/product/1003404> (дата обращения 13.05.2021).

2. Гринберг, Я.С. Механика / Я.С. Гринберг, Э.А. Кошелев. — Новосибирск: НГТУ, 2013. — 140 с. Режим доступа: <https://znanium.com/catalog/product/546363> (дата обращения 13.05.2021).

3. Дубровский, В.Г. Механика, термодинамика и молекулярная физика: сборник задач и примеры их решения / В.Г. Дубровский, Г.В. Харламов. — Новосибирск: НГТУ, 2010. — 176 с. Режим доступа: <https://znanium.com/catalog/product/546145> (дата обращения 13.05.2021).

4. Григорьев, Б.В. Основы математической обработки результатов физико-технических измерений: учебно-методическое пособие для студентов естественно-научных направлений / Б.В. Григорьев, С.Г. Никулин, Е.В. Зайцев; Тюм. гос. ун-т, Физ.-тех. ин-т, Каф. расходомерии нефти и газа. — Тюмень: Изд-во Тюм. гос. ун-та, 2018. — 32 с. Режим доступа: https://library.utmn.ru/dl/PPS/Grigoryev_Nikuln_Zaytsev_649_UMP_2017.pdf (дата обращения: 13.05.2021).

5. Врублевская, Г.В. Физика. Практикум: учебное пособие / Г.В. Врублевская, И.А. Гончаренко, А.В. Ильюшонок [и др.]. — Минск: Новое знание; М.: ИНФРА-М, 2012. — 286 с. Режим доступа: <https://znanium.com/catalog/product/252334> (13.05.2021).

7.3. Интернет-ресурсы:

—

7.4. Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы:

eLIBRARY — научная библиотека (г. Москва). — <http://elibrary.ru>

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

– Лицензионное ПО, в том числе отечественного производства:

платформа для электронного обучения Microsoft Teams.

9. Технические средства и материально-техническое обеспечение дисциплины

Для проведения лекционных и практических занятий требуется аудитория, оснащенная учебной мебелью и аудиторной магнитно-маркерной доской.

Для проведения лабораторных занятий требуется Лаборатория механики и молекулярной физики, оснащенная учебной мебелью, аудиторной доской, необходимым оборудованием, материалами и учебно-методической литературой. Во время проведения занятий в лаборатории необходим инженер.

Специализированное оборудование:

- инструментарий для выполнения лабораторной работы №1 «Определение плотности твёрдого тела»: штангенциркуль, микрометр; весы; набор образцов твердых тел;
- лабораторная установка для выполнения лабораторной работы №2 «Изучение качения тела по наклонной плоскости как пример плоского движения»: массивная платформа с наклонной плоскостью и металлической рамкой; три металлических предмета (шарик, цилиндр и цилиндр с отверстием), измерительная линейка;
- лабораторная установка для выполнения лабораторной работы №3 «Определение ускорения свободного падения с помощью обратного и математического маятника»: универсальный маятник FPM-04, электронный миллисекундомер;
- лабораторная установка для выполнения лабораторной работы №4 «Определение скорости пули с помощью баллистического маятника»: горизонтальная платформа с вертикальными стойками, электронный миллисекундомер, баллистический маятник, средний кронштейн, пружинный пистолет, прозрачный экран со шкалой и фотоэлектрический датчик, стальная проволока;
- лабораторная установка для выполнения лабораторной работы №5 «Проверка основного закона динамики вращательного движения с помощью маятника Обербека»: электронный миллисекундомер, маятник Обербека, шкиф с намотанной нитью, к концу которой привязана платформа, грузики, штангенциркуль;
- лабораторная установка для выполнения лабораторной работы №6 «Изучение движения маятника Максвелла»: электронный миллисекундомер, вертикальная стойка с линейной шкалой: верхний кронштейн с электромагнитом и крепёжные детали для нитей, два

фотодатчика (верхний и нижний), маятник Максвелла, стальные кольца с прорезью для нитей разных масс (3 шт.);

- лабораторная установка для выполнения лабораторной работы №7 «Определение момента инерции тела методом крутильных колебаний»: электронный миллисекундомер, вертикальная стойка с верхним и нижним кронштейном, стальная проволока с рамкой, средний кронштейн со шкалой, электромагнитом, фотоэлектрическим датчиком, блок питания, набор разных тел;

- лабораторная установка для выполнения лабораторной работы №8 «Изучение прецессии свободного гироскопа»: электронный миллисекундомер, блок управления, стойка, гироскоп, рычаг с грузиком, диск с угловой шкалой;

- лабораторная установка для выполнения лабораторной работы №9 «Определение модуля упругости твёрдого тела»: А-образные стойки, индикатор часового типа, стержень, стремя с призмой, набор грузов, измерительная линейка;

- лабораторная установка для выполнения лабораторной работы №10 «Определение модуля сдвига методом кручения»: стержень, неподвижная муфта, вал, угломерное устройство, микрометр, нить с платформой, набор грузов;

- лабораторная установка для выполнения лабораторной работы №11 «Изучения затухающих колебаний»: универсальный маятник FPM-04 с измененной конструкцией физического маятника, электронный миллисекундомер;

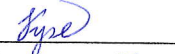
- лабораторная установка для выполнения лабораторной работы №12 «Изучение резонанса вынужденных колебаний»: установка FRM-13, электронный миллисекундомер;

- лабораторная установка для выполнения лабораторной работы №13 «Проверка уравнения Бернулли»: микрокомпрессор, трубка переменного сечения из оргстекла, платформа, зонд, два съёмных наконечника, микроманометр, термометр, барометр;

- лабораторная установка для выполнения лабораторной работы №14 «Определение скорости звука в воздухе»: труба, подвижный приёмник, звуковой генератор ГЗ-33, электронный осциллограф С1-83.

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«ТЮМЕНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

УТВЕРЖДАЮ
Заместитель директора
Физико-технического института
по учебной работе


С.А. Креков
« 23 » 06 2021 г.

МОЛЕКУЛЯРНАЯ ФИЗИКА
Рабочая программа дисциплины
для обучающихся по направлению подготовки
16.03.01 Техническая физика
Профиль: Техническая физика в нефтегазовых технологиях
форма обучения: очная

Шастунова Ульяна Юрьевна. Молекулярная физика. Рабочая программа дисциплины для обучающихся по направлению подготовки 16.03.01 Техническая физика, профиль Техническая физика в нефтегазовых технологиях, форма обучения очная. Тюмень, 2021.

Рабочая программа дисциплины опубликована на сайте ТюмГУ: <https://www.utmn.ru/sveden/education/#>.

1. Пояснительная записка

Программа предназначена для подготовки бакалавров по направлению 16.03.01 Техническая физика. Курс "Молекулярная физика", читаемый во 2 семестре после раздела "Механика", представляет собой один из разделов курса общей физики. Он излагается на младших курсах и его главной задачей является создание фундаментальной базы знаний, на основе которой в дальнейшем можно развивать более углубленное и детализированное изучение всех разделов физики в рамках цикла курсов по теоретической физике и специализированных курсов.

Основной формой изложения материала курса являются лекции. Как правило, на лекции выносятся 85-95% материала изложенного в программе курса. Остальные 5-15% материала выносятся для самостоятельного изучения студентами с непременным сообщением им литературных источников и методических разработок. Важнейшей составной частью лекций по молекулярной физике является использование реальных и компьютерных физических экспериментов, учебных фильмов, модельных компьютерных программ.

Наиболее важные разделы программы курса выносятся на практические занятия. Как правило, на семинарах рассматривают фрагменты теории, требующие сложных математических выкладок, различные методы решения задач и наиболее типичные задачи. Для закрепления материала, рассматриваемого на семинарах, студенты получают домашние задания в виде ряда задач из соответствующих задачников.

Цель дисциплины — ознакомить студентов с теоретическими и экспериментальными методами изучения молекулярных систем, их свойств, моделей и происходящих в них явлениях, подготовить студентов к изучению последующих разделов общей и теоретической физики.

Задачи дисциплины:

- сформировать у студентов представления о методах изучения и особенностях молекулярных систем;
- обеспечить усвоение материала данного курса;
- создать базу для изучения последующих разделов общей и теоретической физики, в частности термодинамики и статистической физики;
- овладение студентами методами решения задач по дисциплине;
- формирование у студентов научного мышления, умения видеть естественно-научное содержание проблем, возникающих в практической деятельности специалиста.

1.1. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Молекулярная физика» — дисциплина блока Б1 Дисциплины (модули), обязательная часть

При изучении курса используются знания, полученные студентами при изучении математики и физики в средней школе, а также дисциплины «Механика» и курса «Введение в математический анализ».

1.2. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения данной дисциплины

Таблица 1

Код и наименование компетенции (из ФГОС ВО)	Код и наименование части компетенции	Планируемые результаты обучения (знаниевые/функциональные)
ОПК-3: способен самостоятельно осваивать современную физическую, аналитическую и технологическую аппаратуру различного назначения и работать на ней	–	Знает основные понятия, законы и формулы молекулярной физики, их теоретическое и экспериментальное обоснование
		Умеет применять законы и методы молекулярной физики при решении задач теоретического, экспериментального и прикладного характера, выполнять физические измерения и оценивать получаемые результаты, обосновывать методику физических измерений и оценивать их методическую погрешность
ОПК-4: способен самостоятельно проводить теоретические и экспериментальные исследования в избранной области технической физики, использовать основные приемы обработки и представления полученных данных, учитывать современные тенденции развития технической физики в своей профессиональной деятельности	–	Знает фундаментальные разделы общей физики: молекулярная физика, термодинамика; методы измерений и исследований, основанные на различных физических эффектах; современные тенденции развития технической физики
		Умеет применять физические законы и расчетные формулы при решении конкретных задач; получать расчетные формулы для различных установок и систем

2. Структура и объем дисциплины

Таблица 2

Вид учебной работы	Всего часов (академические часы)	Часов в семестре (академические часы)
		2 семестр
Общий объем зач. ед. час	8	8
	288	288
Из них:		
Часы контактной работы (всего):	156	156
Лекции	34	34
Практические занятия	52	52
Лабораторные / практические занятия по подгруппам	68	68
Консультации и иная контактная работа	2	2
Часы внеаудиторной работы, включая самостоятельную работу обучающегося	132	132
Вид промежуточной аттестации		Экзамен

3. Система оценивания

3.1. При текущем контроле учитывается несколько видов деятельности обучающихся:

- работа в аудитории на практических занятиях (0-5 баллов за занятие);
- работа на лекции (0-1 балл за занятие);
- решение контрольных работ (0-30 баллов за одну контрольную работу);
- выполнение лабораторных работ (0-3 баллов за одну лабораторную работу).

Форма промежуточной аттестации по дисциплине «Молекулярная физика» — экзамен.

Экзамен возможно получить автоматически, при усвоении:

65% материала — оценка "удовлетворительно" (количество баллов, полученных при усвоении дисциплины на учебных встречах в семестре — 65);

80% материала — оценка "хорошо" (количество баллов, полученных при усвоении дисциплины на учебных встречах в семестре — 80).

Если студент претендует на отметку "отлично", то он сдает экзамен.

Обязательным условием сдачи экзамена на "отлично" — это защита всех лабораторных работ и написание всех контрольных работ по дисциплине.

4. Содержание дисциплины

4.1. Тематический план дисциплины

Таблица 3

№ п/п	Наименование тем и/или разделов	Объем дисциплины, час.				
		Всего	Виды аудиторной работы (академические часы)			Консультации и иная контактная работа
			Лекции	Практические занятия	Лабораторные/ практические занятия по подгруппам	
1	2	3	4	5	6	7
1.	Молекулярно-кинетическая теория идеальных газов	38	4	8	10	0
2.	Термодинамический метод в молекулярной физике	38	4	8	10	0
3.	Статистический метод в молекулярной физике	34	4	6	8	0
4.	Процессы переноса в идеальных газах. Уравнения диффузии и теплопроводности. Явления переноса в разреженных газах	34	4	6	8	0
5.	Реальные газы	34	4	6	8	0
6.	Фазовые переходы I и II рода	34	4	6	8	0

7.	Конденсированные состояния вещества	34	4	6	8	0
8.	Капиллярные явления	34	4	6	8	0
9.	Растворы и их свойства	6	2	0	0	0
	Экзамен	2	0	0	0	2
	Итого (часов)	288	34	52	68	2

4.2. Содержание дисциплины по темам

Лекции

Тема 1. Молекулярно-кинетическая теория идеальных газов

Предмет молекулярной физики. Методы описания молекулярных систем. Модель идеального газа. Уравнение Клапейрона-Менделеева. Абсолютная шкала температур. Эмпирические шкалы температур. Смеси газов. Закон Авогадро и Дальтона. Движение броуновской частицы как подтверждение непрерывности и хаотичности движения молекул.

Тема 2. Термодинамический метод в молекулярной физике

Термодинамические параметры. Понятие термодинамического равновесия и нулевое начало термодинамики.

Первое начало термодинамики. Работа. Теплота. Внутренняя энергия. Функции состояния и полные дифференциалы. Процессы в идеальных газах. Изменения термодинамических параметров в процессах идеальных газов. Теплоемкость. Классическая теория теплоемкости.

Циклические процессы и тепловые машины. Работа цикла. КПД цикла. Цикл Карно. Тепловые и холодильные машины. Теоремы Карно.

Второе начало термодинамики. Формулировки Кельвина, Клаузиуса и Карно. Их эквивалентность. Неравенство Клаузиуса.

Энтропия и ее изменение в различных процессах. Формулировка второго начала с помощью понятия энтропии.

III начало термодинамики. Следствия из III начала термодинамики. Доказательство недостижимости абсолютного нуля.

Термодинамические функции. Устойчивость систем.

Тема 3. Статистический метод в молекулярной физике

Основные понятия теории вероятности. Сложение и умножение вероятностей. Средние значения дискретной и непрерывно меняющейся величины. Понятие о флуктуациях. Относительная величина флуктуаций.

Распределение Больцмана. Понятие об отрицательной абсолютной температуре.

Распределение Максвелла по компонентам скоростей и по скоростям. Наиболее вероятная и средне арифметическая скорость молекул. Поток молекул в данном направлении.

Статистический характер энтропии и второго начала термодинамики.

Тема 4. Процессы переноса в идеальных газах

Обобщенное уравнение переноса. Поток энергии, импульса, массы. Связь между коэффициентами переноса для идеальных газов.

Уравнения диффузии и теплопроводности

Стационарные и нестационарные задачи теплопроводности. Краевые и начальные условия. Решение задач теплопроводности в системах с цилиндрической и сферической симметрией.

Явления переноса в разреженных газах

Определение вакуума. Диффузия через пористую перегородку.

Тема 5. Реальные газы

Силы межмолекулярного взаимодействия. Уравнение Ван-дер-Ваальса. Фазовый переход газ-жидкость и область двухфазных состояний. Критическая температура. Свойства

вещества при критической температуре. Приведенное уравнение Ван-дер-Ваальса. Термодинамические параметры и термодинамические процессы в реальных газах.

Тема 6. Фазовые переходы I и II рода

Условия равновесия фаз. Изменение потенциала Гиббса и его производных при фазовых переходах I и II рода. Уравнение Клапейрона-Клаузиуса для фазовых переходов I рода. Фазовые диаграммы. Примеры фазовых переходов I и II рода.

Тема 7. Конденсированные состояния вещества

Тепловое движение молекул в газах, жидкостях и твердых телах. Понятие о структуре жидких и твердых тел. Радиальные функции распределения молекул в газах, жидкостях и твердых телах. «Газоподобность» и «твердоподобность» жидкостей.

Сопоставление явлений переноса в газах, жидкостях и твердых телах. Ньютоновские и неньютоновские жидкости.

Тема 8. Капиллярные явления

Поверхностное натяжение жидкостей и твердых тел. Термодинамика поверхностного натяжения жидкостей. Лапласовское давление. Явления смачивания и растекания. Уравнение Юнга.

Испарение и кипение жидкостей. Давление пара над плоской и искривленной поверхностью жидкости. Перегретая жидкость и переохлажденный пар.

Тема 9. Растворы и их свойства

Растворимость. Закон Рауля. Закон Генри. Диаграммы состояния растворов. Кипение растворов с нелетучим и летучим компонентом. Диаграммы состояния бинарных смесей. Осмотическое давление. Поверхностное натяжение растворов.

Практические занятия

1. Решение задач на процессы в идеальных газах и их смесях с использованием уравнения Клапейрона-Менделеева.

2. Решение задач по расчету работы, теплоты, изменений внутренней энергии газа и теплоемкости в различных процессах.

3. Решение задач по расчету КПД циклических процессов и тепловых машин.

4. Решение задач по расчету изменений энтропии в различных процессах.

Контрольная работа № 1 по темам 1-4.

5. Решение задач на функцию распределения Больцмана.

6. Решение задач на функции распределения Максвелла по компонентам скоростей и по скоростям.

7. Решение задач на расчет длины свободного пробега, число столкновений молекул в идеальных газах, коэффициентов переноса в идеальных газах.

8. Решение задач на уравнение теплопроводности и расчету распределения температуры внутри и вокруг нагретых тел различной симметрии.

Контрольная работа № 2 по темам 5-8.

9. Решение задач по процессам в реальных газах с использованием уравнения Ван-дер-Ваальса.

10. Решение задач по расчетам изменений внутренней энергии, теплоты и работы в процессах реальных газов.

11. Решение задач по расчетам изменений параметров систем с фазовыми переходами.

12. Решение задач на свойства конденсированного состояния вещества, поверхностного натяжения жидкостей и Лапласовское давление.

Контрольная работа № 3 по темам 9-12.

Проверка освоения дисциплины по тестам на знание формул и задач.

Лабораторные работы

Основными формами контроля знаний являются допуск к выполнению работы, предварительный и окончательный отчеты преподавателю при выполнении и сдача каждой лабораторной работы (беседа с преподавателем).

Перед выполнением лабораторной работы студенты должны ознакомиться с методическими рекомендациями по данной работе, которые содержат необходимые теоретические сведения, описание установки и последовательность выполнения заданий и обработки полученных результатов, а также список рекомендуемой литературы и перечень контрольных вопросов для самостоятельной подготовки.

Студент в течение семестра, изучая дисциплину, должен выполнить установленные лабораторные работы (минимум 12). Для этого на вводном занятии преподаватель устанавливает индивидуальный порядок выполнения лабораторных работ для каждого студента (с целью непересечения студентов на одной лабораторной работе).

Тема 1. Знакомство с измерительной аппаратурой

Знакомство с измерительной аппаратурой практикума по молекулярной физике и техникой безопасности при его выполнении.

Тема 2. Молекулярно-кинетическая теория идеальных газов

Предмет молекулярной физики. Методы описания молекулярных систем. Модель идеального газа. Уравнение Клапейрона-Менделеева. Абсолютная шкала температур. Эмпирические шкалы температур. Смеси газов. Закон Авогадро и Дальтона. Движение броуновской частицы как подтверждение непрерывности и хаотичности движения молекул.

Лабораторные работы по теме 2:

Лабораторная работа № 1. Определение плотности и молярной массы воздуха

Лабораторная работа № 2. Методы определения и поддержания температуры

Тема 3. Термодинамический метод в молекулярной физике

Термодинамические параметры. Понятие термодинамического равновесия и нулевое начало термодинамики.

Первое начало термодинамики. Работа. Теплота. Внутренняя энергия. Функции состояния и полные дифференциалы. Процессы в идеальных газах. Изменения термодинамических параметров в процессах идеальных газов. Теплоемкость. Классическая теория теплоемкости.

Циклические процессы и тепловые машины. Работа цикла. КПД цикла. Цикл Карно. Тепловые и холодильные машины. Теоремы Карно.

Второе начало термодинамики. Формулировки Кельвина, Клаузиуса и Карно. Их эквивалентность. Неравенство Клаузиуса.

Энтропия и ее изменение в различных процессах. Формулировка второго начала с помощью понятия энтропии.

III-начало термодинамики. Следствия из III-начала термодинамики. Доказательство недостижимости абсолютного нуля.

Термодинамические функции. Устойчивость систем.

Лабораторные работы по теме 3:

Лабораторная работа № 3. Определение отношения теплоемкостей C_p/C_v методом Клемана и Дезорма

Лабораторная работа № 4. Измерение скорости звука в газах и определение числа степеней свободы молекул

Тема 4. Статистический метод в молекулярной физике

Основные понятия теории вероятности. Сложение и умножение вероятностей. Средние значения дискретной и непрерывно меняющейся величины. Понятие о флуктуациях. Относительная величина флуктуаций.

Распределение Больцмана. Понятие об отрицательной абсолютной температуре.

Распределение Максвелла по компонентам скоростей и по скоростям. Наиболее вероятная и среднеарифметическая скорость молекул. Поток молекул в данном направлении.

Статистический характер энтропии и второго начала термодинамики.

Лабораторные работы по теме 4:

Лабораторная работа № 5. Изучение распределения Максвелла-Больцмана для термоэлектронов

Тема 5. Процессы переноса в идеальных газах

Обобщенное уравнение переноса. Поток энергии, импульса, массы. Связь между коэффициентами переноса для идеальных газов.

Уравнения диффузии и теплопроводности. Стационарные и нестационарные задачи теплопроводности. Краевые и начальные условия. Решение задач теплопроводности в системах с цилиндрической и сферической симметрией.

Явления переноса в разреженных газах. Определение вакуума. Диффузия через пористую перегородку.

Лабораторные работы по теме 5:

Лабораторная работа № 6. Определение коэффициента внутреннего трения, средней длины свободного пробега и эффективного диаметра молекул воздуха

Лабораторная работа № 7. Определение коэффициента теплопроводности воздуха

Лабораторная работа № 8. Определение коэффициента диффузии молекул воды в воздухе

Тема 6. Реальные газы

Силы межмолекулярного взаимодействия. Уравнение Ван-дер-Ваальса. Фазовый переход газ-жидкость и область двухфазных состояний. Критическая температура. Свойства вещества при критической температуре. Приведенное уравнение Ван-дер-Ваальса. Термодинамические параметры и термодинамические процессы в реальных газах.

Лабораторные работы по теме 6:

Лабораторная работа № 9. Определение критической температуры

Тема 7. Фазовые переходы I и II рода

Условия равновесия фаз. Изменение потенциала Гиббса и его производных при фазовых переходах I и II рода. Уравнение Клапейрона-Клаузиуса для фазовых переходов I рода. Фазовые диаграммы. Примеры фазовых переходов I и II рода.

Лабораторные работы по теме 7:

Лабораторная работа № 10. Изучение температурной зависимости давления насыщенных паров и определение открытой теплоты испарения

Лабораторная работа № 11. Определение влажности воздуха

Лабораторная работа № 12. Определение удельной теплоты плавления и теплоемкости парафина

Тема 8. Капиллярные явления

Поверхностное натяжение жидкостей и твердых тел. Термодинамика поверхностного натяжения жидкостей. Лапласовское давление. Явления смачивания и растекания. Уравнение Юнга.

Испарение и кипение жидкостей. Давление пара над плоской и искривленной поверхностью жидкости. Перегретая жидкость и переохлажденный пар.

Лабораторные работы по теме 8:

Лабораторная работа № 13. Определение поверхностного натяжения жидкости капельным методом

Лабораторная работа № 14. Определение краевых углов смачивания

5. Учебно-методическое обеспечение и планирование самостоятельной работы обучающихся

Таблица 4

№ темы	Темы	Формы СРС, включая требования к подготовке к занятиям
1.	Молекулярно-кинетическая теория идеальных газов	Проработка лекций. Чтение основной дополнительной литературы. Решение задач. Составление отчетов по лабораторным работам.
2.	Термодинамический метод в молекулярной физике	Проработка лекций. Чтение основной дополнительной литературы. Решение задач. Составление отчетов по лабораторным работам.
3.	Статистический метод в молекулярной физике	Проработка лекций. Чтение основной дополнительной литературы. Решение задач. Составление отчетов по лабораторным работам.
4.	Процессы переноса в идеальных газах. Уравнения диффузии и теплопроводности. Явления переноса в разреженных газах	Проработка лекций. Чтение основной дополнительной литературы. Решение задач. Составление отчетов по лабораторным работам.
5.	Реальные газы	Проработка лекций. Чтение основной дополнительной литературы. Решение задач. Составление отчетов по лабораторным работам.
6.	Фазовые переходы I и II рода	Проработка лекций. Чтение основной дополнительной литературы. Решение задач. Составление отчетов по лабораторным работам.
7.	Конденсированные состояния вещества	Проработка лекций. Чтение основной дополнительной литературы. Решение задач. Составление отчетов по лабораторным работам.
8.	Капиллярные явления	Проработка лекций. Чтение основной дополнительной литературы. Решение задач. Составление отчетов по лабораторным работам.
9.	Растворы и их свойства	Проработка лекций. Чтение основной дополнительной литературы.

6. Промежуточная аттестация по дисциплине

6.1. Оценочные материалы для проведения промежуточной аттестации по дисциплине

Экзамен проводится в устной форме по следующему алгоритму:

1. Сдача теста на знание формул.
2. Решение задачи.
3. Ответ на билет, содержащий 2 теоретических вопроса. Беседа с преподавателем.

Критерии оценивания обучающегося:

"отлично" — студент дал полный ответ на теоретические вопросы, правильно решил задачу, продемонстрировал взаимосвязь теоретических основ молекулярной физики, термодинамики и практики;

"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 о молекулярно-кинетической теории и применении их в практике, недостаточно владеет теоретическими основами молекулярной физики и термодинамики, в ответах и решениях допускает ошибки, которые может исправить под руководством преподавателя;

"неудовлетворительно" — студент не имеет систематических знаний в области молекулярной физики, слабо разбирается в практических вопросах термодинамики и др., допускает принципиальные ошибки в ответах и решениях.

Вопросы к тесту на знание формул

1. Уравнение Клапейрона-Менделеева.
2. Плотность идеального газа.
3. Выражение для молярной массы смеси газов, если известны массы ее компонент.
4. Выражение для молярной массы смеси газов, если известны массовые концентрации ее компонент.
5. Выражение для молярной массы смеси газов, если известны мольные концентрации ее компонент
6. Первое начало термодинамики.
7. Второе начало термодинамики.
8. Работа газа при изотермическом процессе.
9. Работа газа при изобарном и изохорном процессе.
10. Изменение внутренней энергии при изобарном и изохорном процессах идеального газа.
11. Теплота при изобарном и изохорном процессе идеального газа.
12. Внутренняя энергия реального газа.
13. Работа реального газа.
14. Уравнение Пуассона.
15. Соотношение Майера.
16. Теплоемкость C_p и C_v одноатомного газа.
17. Теплоемкость C_p и C_v двухатомного газа.
18. Теплоемкость C_p и C_v одноатомного газа.
19. Число степеней свободы для газа гелия и водорода.
20. Теплоемкость C_p и C_v гелия и водорода .
21. Теплоемкость C_p и C_v аргона и азота.
22. Молярная масса и теплоемкость C_p и C_v воздуха.
23. Уравнение политропического процесса.
24. Уравнение изотермического процесса.
25. Уравнение адиабатического процесса.
26. Изменение энтропии при изотермическом и адиабатическом процессах идеального газа.
27. Изменение энтропии при изобарном и изохорном процессах идеального газа.
28. Изменение энтропии при фазовых переходах I рода.
29. Изменение энтропии при фазовых переходах II рода.
30. Изменение энтропии при теплообмене.
31. При фазовых переходах I рода происходит скачок.....
32. При фазовых переходах II рода происходит скачок.....
33. Выражения для потенциала Гиббса и его полного дифференциала.
34. Термодинамические функции.
35. КПД тепловых машин.
36. КПД цикла Карно.
37. Уравнение Клапейрона-Клаузиуса.

38. Связь энтропии с вероятностью.
39. Распределение Больцмана.
40. Связь между потенциальной энергией и силой, действующей на молекулу.
41. Барометрическая формула.
42. Распределение Максвелла по компонентам скоростей.
43. Распределение Максвелла по скоростям.
44. Наиболее вероятная скорость молекул.
45. Средне-арифметическая скорость молекул.
46. Среднеквадратичная скорость молекул.
47. Длина свободного пробега.
48. Среднее число столкновений молекул идеального газа.
49. Поток молекул газа в данном направлении.
50. Коэффициент вязкости идеального газа.
51. Коэффициент диффузии идеального газа.
52. Коэффициент теплопроводности идеального газа.
53. Поток импульса, массы и энергии.
54. Условие достижения вакуума.
55. Условие равновесия в двух сосудах, между которыми имеется: а) большое отверстие, б) малое отверстие (меньше длины свободного пробега).
56. Уравнение теплопроводности в декартовой системе координат.
57. Уравнение теплопроводности в сферической системе координат.
58. Уравнение теплопроводности в цилиндрической системе координат.
59. Уравнение Ван-дер-Ваальса.
60. Приведенное уравнение Ван-дер-Ваальса.
61. Температурная зависимость давления насыщенных паров жидкости.
62. Жидкость кипит, когда ...
63. Критическая температура — это температура ...
64. Критические параметры.
65. Два физических смысла поверхностного натяжения жидкостей.
66. Условие отрыва капли от капилляра.
67. Лапласовское давление внутри мыльного пузырька и пузырька газа.
68. Лапласовское давление внутри жидкости в цилиндрическом капилляре.
69. Лапласовское давление в жидкости между плоско параллельными пластинами.
70. Высота поднятия жидкости по капилляру.

Вопросы для подготовки к экзамену:

1. Модель идеального газа. Молекулярно-кинетическая теория идеального газа. Уравнение Клапейрона-Менделеева. Температура. Абсолютная шкала температур. Смеси газов. Закон Дальтона.
2. Броуновское движение.
3. Нулевое и первое начало термодинамики. Процессы. Расчет работы, теплоты и изменений внутренней энергии в различных процессах.
4. Адиабатический процесс. Уравнение Пуассона.
5. Теплоемкость. Соотношение Майера. Классическая теория теплоемкости. Число степеней свободы.
6. Политропический процесс. Частные случаи политропического процесса.
7. Различные формулировки II-начала термодинамики. Теоремы Карно.
8. Энтропия и ее физический смысл.
9. Обратимые циклические процессы. Тепловые машины. КПД тепловых машин. Цикл Карно. Холодильная машина.
10. Обратимые и необратимые процессы. Неравенство Клаузиуса.
11. Связь энтропии с вероятностью. Вероятностный характер II-начала термодинамики.

12. Термодинамические функции. Соотношения Максвелла. Устойчивое состояние систем.
13. Расчет изменений энтропии в процессах идеального газа, при фазовых переходах и теплообмене.
14. III начало термодинамики (Теорема Нернста).
15. Основные понятия теории вероятностей. Сложение и умножение вероятностей. Условие нормировки. Статистически среднее значение.
16. Распределение Больцмана. Барометрическая формула.
17. Распределение Максвелла по компонентам скоростей и по скоростям.
18. Наиболее вероятная, средне-арифметическая и среднеквадратичная скорость молекул.
19. Длина свободного пробега и среднее число столкновений молекул идеального газа. Поток молекул газа в данном направлении.
20. Обобщенное уравнение переноса. Коэффициенты вязкости, диффузии и теплопроводности идеального газа. Поток импульса, массы и энергии.
21. Явления переноса в вакууме. Относительность понятия вакуума.
22. Уравнение теплопроводности и диффузии, зависящие от времени. Граничные и начальные условия. Расчет распределения тепла между пластинами, вокруг нагретой сферы и цилиндра.
23. Межмолекулярные силы. Потенциал межмолекулярного взаимодействия. Модель упругих шаров в теории Ван-дер-Ваальса.
24. Реальные газы. Уравнение Ван-дер-Ваальса.
25. Критическое состояние вещества. Вывод критических параметров. Особые свойства вещества при критической температуре. Приведенное уравнение Ван-дер-Ваальса.
26. Фазовый переход жидкость-газ. Температурная зависимость давления насыщенных паров жидкости. Кипение жидкости.
27. Жидкое состояние вещества. Поверхностное натяжение жидкостей. Теория Гиббса поверхностного натяжения жидкостей.
28. Капиллярные явления. Лапласовское давление. Поднятие жидкости по капилляру и между плоскопараллельными пластинами. Мыльные пленки.
29. Явления смачивания и растекания. Краевой угол смачивания. Уравнение Юнга. Работа адгезии.
30. Жидкие растворы. Растворимость. Критические температуры растворимости. Осмотическое давление. Кипение растворов с нелетучим и летучим компонентом.
31. Условие равновесия двух фаз. Уравнение Клапейрона-Клаузиуса. Фазовая диаграмма. Тройная точка.
32. Фазовые переходы I и II рода. Примеры.
33. Тепловое движение и явления переноса в газах, жидкостях и твердых телах. «Газоподобное» и «Твердоподобное» состояние жидкостей.
34. Давление насыщенных паров жидкости над плоской и искривленной поверхностью. Конденсация жидкостей в капиллярах.
35. Метастабильные состояния вещества. Критический размер зародыша новой фазы.
36. Внутренняя энергия и работа реального газа.

6.2. Критерии оценивания компетенций:

Таблица 5

Карта критериев оценивания компетенций

№ п/п	Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенций, соотнесенные с планируемыми результатами обучения	Оценочные материалы	Критерии оценивания
1.	ОПК-3: способен самостоятельно осваивать современную физическую, аналитическую и технологическую аппаратуру различного назначения и работать на ней	<p>Пороговый уровень освоения ОП(удовл.): Знает физические основы измерений. Умеет подбирать приборы для проведения измерений.</p> <p>Базовый уровень (хор.): Знает противоречие между существующей теорией и результатами эксперимента. Умеет согласовывать работу измерительных приборов и автоматизированных методов сбора данных.</p> <p>Повышенный уровень (отл.): Знает: основы профессиональной эксплуатации физической, аналитической и технологической аппаратуры для проведения исследований; эффективные методы исследований технологических процессов, явлений. Умеет: проводить учебно-научные исследования процессов, явлений с помощью физической, аналитической и технологической аппаратуры.</p>	Отчеты по лабораторным работам, контрольные вопросы к лабораторным работам	<p>Качество подготовки допуска к лабораторной работе. Полнота и правильность устных ответов на дополнительные вопросы преподавателя о работе лабораторной установки.</p> <p>Правильность снятия измерений с соблюдением необходимых условий.</p> <p>Приведение уравнений, необходимых для расчетов.</p> <p>Правильность расчетов погрешности.</p> <p>Формулировка вывода к работе.</p> <p>Полнота и правильность ответов на контрольные вопросы к лабораторным работам.</p>
2.	ОПК-4: способен самостоятельно проводить теоретические и экспериментальные	<p>Пороговый уровень (удовл.): Знает основные понятия, законы и формулы молекулярной физики.</p>	Решение задач на практических занятиях, контрольные работы, отчеты	<p>Активность на практических занятиях.</p> <p>Правильность решений задач на</p>

	<p>исследования в избранной области технической физики, использовать основные приемы обработки и представления полученных данных, учитывать современные тенденции развития технической физики в своей профессиональной деятельности</p>	<p>Умеет применять фундаментальные законы молекулярной физики к решению задач теоретического, экспериментального и прикладного характера. Базовый уровень (хор.): Знает основные понятия, законы и формулы молекулярной физики, условия их применимости. Умеет применять фундаментальные законы молекулярной физики к решению задач теоретического, экспериментального и прикладного характера, выполнять физические измерения и оценивать получаемые результаты. Повышенный уровень (отл.): Знает основные понятия, законы и формулы молекулярной физики, условия их применимости, их теоретическое и экспериментальное обоснование. Умеет применять фундаментальные законы молекулярной физики к решению задач теоретического, экспериментального и прикладного характера, выполнять физические измерения и оценивать получаемые результаты, обосновывать методику физических измерений и оценивать их погрешность.</p>	<p>по лабораторным работам, контрольные вопросы к лабораторным работам, тест на знание формул</p>	<p>практических задачах и в контрольных работах. Указание всех необходимых формул при решении контрольных работ. Демонстрация причинно-следственных связей при ответах на вопросы преподавателя. Правильность интерпретации физических законов. Приведены правильные формулы и определения при решении теста на знание формул.</p>
--	---	--	---	---

7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

7.1. Основная литература:

Казанцева, А.Б. Молекулярная физика. Задачи и решения: учеб. пособие / А.Б. Казанцева. — Москва: МПГУ, 2014. — 240 с. — ISBN 978-5-4263-0146-7. — Текст:

электронный. — URL: <https://znanium.com/catalog/product/757796> (дата обращения: 13.05.2021). — Режим доступа: по подписке.

7.2. Дополнительная литература:

Кузнецов, С.И. Молекулярная физика. Термодинамика: учеб. пособие / С.И. Кузнецов; Томский политехнический университет. — 2-е изд., перераб. и доп. — Томск: Изд-во ТПУ, 2007. — 126 с. — Текст: электронный. — URL: <https://znanium.com/catalog/product/417636> (дата обращения: 13.05.2021). — Режим доступа: по подписке.

7.3. Интернет-ресурсы:

—

7.4. Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы:

eLIBRARY – научная библиотека. – <http://elibrary.ru>

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

Лицензионное ПО, в том числе отечественного производства:

Microsoft Teams.

9. Технические средства и материально-техническое обеспечение дисциплины

Для проведения лекций требуется лекционная аудитория с мультимедийным оборудованием.

Для проведения практических занятий требуется аудитория для аудитория, оснащенная учебной мебелью и аудиторной доской.

Для проведения лабораторного практикума требуется учебная лаборатория, подключенная к водопроводу и канализации и оснащённая необходимым лабораторным оборудованием:

– лабораторная работа № 1 **“Определение молярной массы воздуха”** — барометр, термометр, весы, установка для откачивания воздуха из сосуда, сосуд с трубкой и зажимом;

– лабораторная работа № 2 **“Методы определения и поддержания температуры”** — воздушный термостат, нагревательный элемент, вентилятор, термистор, термопары, контрольный термометр, электротермометр ЭТП-2МТ, вольтметр В7-20, милливольтметр М198\37;

– лабораторная работа № 3 **“Определение отношения теплоемкостей C_p/C_v методом Клемана и Дезорма”** — сосуд с газом, ручной насос, водяной манометр, кран, клапан;

– лабораторная работа № 4 **“Измерение скорости звука в газах и определение числа степеней свободы молекул”** — труба, подвижный приёмник, звуковой генератор ГЗ-33, электронный осциллограф С1-83; сосуд с исследуемой жидкостью;

– лабораторная работа № 5 **“Изучение распределения Максвелла-Больцмана для термоэлектронов”** — магазин сопротивлений Р32; микроаперметр М1792; понижающий трансформатор ТР1, реостат;

– лабораторная работа № 6 **“Определение коэффициента диффузии молекул воды в воздухе”** — установка ФПТ1-4, электронный блок;

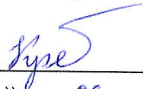
– лабораторная работа № 7 **“Определение коэффициента внутреннего трения, средней длины свободного пробега и эффективного диаметра молекул воздуха”** — установка ФПТ1-1, электронный блок;

– лабораторная работа № 8 **“Определение коэффициента теплопроводности воздуха”** — установка ФПТ1-3, электронный блок;

- лабораторная работа № 9 **“Определение критической температуры”** — осветитель, термостат, микропресс, спай термопар;
- лабораторная работа № 10 **“Изучение температурной зависимости давления насыщенных паров и определение скрытой теплоты испарения”** — закрывающийся сосуд, манометр, термометр, вакуумный насос, нагреватель, трансформатор ЛАТР1;
- лабораторная работа № 11 **“Определение удельной теплоты плавления и теплоемкости парафина”** — осветитель, калориметр с теплоизолирующими стенками из пенопласта, пробирка с парафином, электрометр ЭТ-2МИ;
- лабораторная работа № 12 **“Определение влажности воздуха”** — конденсационный гигрометр;
- лабораторная работа № 13 **“Определение поверхностного натяжения жидкости капельным методом”** — микрометрический шприц, подставка, стеклянный стакан, исследуемая жидкость;
- лабораторная работа № 14 **“Определение краевых углов смачивания”** — предметный столик, набор пластин, шприц, микроскоп, дистиллированная вода.

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«ТЮМЕНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

УТВЕРЖДАЮ
Заместитель директора
Физико-технического института
по учебной работе


_____ С.А. Креков
« 23 » 06 _____ 2021 г.

ЭЛЕКТРИЧЕСТВО И МАГНЕТИЗМ

Рабочая программа дисциплины
для обучающихся по направлению подготовки
16.03.01 Техническая физика
Профиль: Техническая физика в нефтегазовых технологиях
форма обучения: очная

Монтанари С.Г., Жигарева Л.В. Электричество и магнетизм. Рабочая программа дисциплины для обучающихся по направлению подготовки 16.03.01 Техническая физика, профиль Техническая физика в нефтегазовых технологиях, форма обучения очная. Тюмень, 2021.

Рабочая программа дисциплины опубликована на сайте ТюмГУ:
<https://www.utmn.ru/sveden/education/#>.

1. Пояснительная записка

Дисциплина «Электричество и магнетизм» является неотъемлемой частью курса общей физики и служит основой для дальнейшего более углубленного и детализированного изучения естественно-научных дисциплин, включая курсы общей и теоретической физики, а также специализированные дисциплины.

В рамках курса «Электричество и магнетизм» последовательно рассматриваются разделы «Электростатика», «Постоянный электрический ток», «Электропроводность», «Стационарное магнитное поле», «Электромагнитная индукция», «Переменный квазистационарный электрический ток», «Уравнения Максвелла и основные свойства электромагнитных волн».

Цель дисциплины: создание фундаментальной базы знаний, на основе которой в дальнейшем можно развивать более углубленное и детализированное изучение всех разделов физики в рамках цикла курсов по общей и теоретической физики, а также специализированных курсов.

Задачи дисциплины:

– сформировать у студентов единую, стройную, логически непротиворечивую физическую картину окружающего нас мира природы;

– на основе обобщения экспериментальных данных научить строить модели наблюдаемых явлений, с обоснованием приближений и рамок, в которых эти модели действуют;

– в рамках единого подхода классической (доквантовой) физики рассмотреть основные электромагнитные явления и процессы, происходящие в природе, установить связь между ними, вывести основные законы и получить их выражение в виде математических уравнений..

1.1. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Данная дисциплина входит в блок Б1 Дисциплины (модули), обязательная часть. Для ее успешного освоения необходимо предварительное изучение дисциплин «Механика», «Молекулярная физика», «Введение в математический анализ», «Математический анализ».

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

Таблица 1

Код и наименование компетенции (из ФГОС ВО)	Код и наименование части компетенции	Планируемые результаты обучения (знаниевые/функциональные)
ОПК-3: способен самостоятельно осваивать современную физическую, аналитическую и технологическую аппаратуру различного назначения и работать на ней	-	Знает <ul style="list-style-type: none"> избранные области экспериментальных физических исследований; современную приборную базу (в том числе сложного физического оборудования), тенденции ее развития.
		Умеет <ul style="list-style-type: none"> использовать различные метрические системы; самостоятельно работать с различной физической, аналитической и технологической аппаратурой, оценивать достоверность и погрешность измерений на ней.

ОПК-4: способен самостоятельно проводить теоретические и экспериментальные исследования в избранной области технической физики, использовать основные приемы обработки и представления полученных данных, учитывать современные тенденции развития технической физики в своей профессиональной деятельности	-	Знает
		Умеет

- основы теоретических и экспериментальных исследований в области электричества и магнетизма;
- основные приемы обработки и представления данных;
- современные тенденции развития технической физики.

- самостоятельно применять основы и методы теоретических и экспериментальных исследований в области электричества и магнетизма в своей профессиональной деятельности;
- пользоваться основными приемами обработки и представления данных;
- учитывать современные тенденции развития технической физики в своей профессиональной деятельности.

2. Структура и объем дисциплины

Таблица 2

Вид учебной работы		Всего часов (академические часы)	Часов в семестре (академические часы)
			3 семестр
Общий объем	зач. ед.	6	6
	час	216	216
Из них:			
Часы контактной работы (всего):		122	122
Лекции		34	34
Практические занятия		52	52
Лабораторные / практические занятия по подгруппам		34	34
Консультации и иная контактная работа		2	2
Часы внеаудиторной работы, включая самостоятельную работу обучающегося		94	94
Вид промежуточной аттестации			Экзамен

3. Система оценивания

При текущем контроле учитывается несколько видов деятельности обучающихся:

1. Лабораторные занятия:

- допуски к выполнению лабораторных работ (0 – 1 балла);
- выполнение лабораторной работы (0-1 балл);
- подготовка и сдача отчета по лабораторной работе (0-1 балл);
- защита лабораторной работы (0-3 баллов).

Студенту рекомендуется следующая схема подготовки к лабораторному занятию:

- проработка конспекта лекций дисциплины по тематике лабораторной работы;
- чтение рекомендованной основной и дополнительной литературы по тематике лабораторной работы;

- заполнение лабораторного журнала и подготовка к допуску для выполнения работы;
- выполнение всех расчетов необходимых величин и погрешностей к ним в лабораторном журнале;
- подготовка отчета по лабораторной работе.

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

2. Практические занятия:

- активность на практических занятиях по решению задач;
- решение домашних задач;
- контрольные работы.

Активность на практическом занятии включает в себя решение задач у доски, участие в решении задачи «с места», решение задач опережающими темпами и т.д. При активной работе обучающийся получает 0,5 балла за занятие.

Решение домашних задач подразумевает проверку в начале занятия наличия выполненных задач. Каждая вовремя решённая домашняя задача оценивается в 2/3 балла (допускается сдвиг на одно занятие). Максимальное количество за домашние задачи – 34 балла.

С учётом контрольных работ (3 работы, каждая по 5 баллов), максимальное количество баллов по всем практическим занятиям равно 58.

3. Письменные ответы на вопросы 2-х коллоквиумов, которые оцениваются по 5 баллов за каждый коллоквиум.

Форма промежуточной аттестации в дисциплине – экзамен.

По итогам набранных в семестре баллов обучающийся может/не может получить экзаменационную оценку (см. п. 6).

4. Содержание дисциплины

4.1. Тематический план дисциплины

Таблица 3

№ п/п	Наименование тем и/или разделов	Объем дисциплины, час.				
		Всего	Виды аудиторной работы (академические часы)			Консультации и иная контактная работа
			Лекции	Практические занятия	Лабораторные/ практические занятия по подгруппам	
1	2	3	4	5	6	7
1.	Электростатика.	46	10	16	6	0
2.	Постоянный электрический ток.	21	2	5	2	0
3.	Электропроводность.	29	6	9	2	0
4.	Стационарное магнитное поле.	22	2	4	4	0
5.	Магнетики.	28	4	4	8	0
6.	Электромагнитная индукция.	24	4	4	4	0

7.	Переменный квазистационарный электрический ток.	26	2	4	8	0
8.	Уравнения Максвелла и основные свойства электромагнитных волн.	18	4	6	0	0
9.	Экзамен	2	0	0	0	2
	Итого (часов)	216	34	52	34	2

4.2. Содержание дисциплины по темам

Темы лекционных занятий:

Тема 1. Электростатика

Электрический заряд. Модель точечного заряда. Инвариантность заряда. Закон сохранения заряда. Закон Кулона. Полевая трактовка закона. Напряженность электрического поля. Электрический диполь. Дипольный момент. Поле диполя.

Теорема Гаусса для электростатики (в интегральной и дифференциальной форме). Потенциальный характер электростатического поля. Интегральная и дифференциальная формулировки критерия потенциальности. Скалярный потенциал, разность потенциалов. Градиент потенциала. Уравнения Пуассона и Лапласа.

Постоянное электрическое поле при наличии проводников. Электрическая ёмкость уединённого проводника. Конденсаторы. Силы в электростатическом поле, действующие на заряд, на диполь. Энергия электростатического поля. Энергия заряженного конденсатора. Энергия диполя во внешнем поле.

Постоянное электрическое поле при наличии диэлектрика. Поляризованность диэлектрика. Диэлектрическая восприимчивость и диэлектрическая проницаемость. Объемные и поверхностные поляризационные заряды в диэлектрике. Вектор электрического смещения. Теорема Гаусса при наличии диэлектрика.

Граничные условия для вектора напряженности и смещения. Молекулярная картина поляризации диэлектриков. Электронная, ионная и дипольная поляризация. Формула Клаузиуса-Моссотти. Формула Дебая-Ланжевена. Сегнетоэлектрики и пьезоэлектрики. Прямой и обратный пьезоэлектрический эффект.

Силы в электростатическом поле. Сила, действующая на точечный заряд, на диполь. Явление электрострикции.

Тема 2. Постоянный электрический ток

Условия существования постоянного электрического тока. Сторонняя ЭДС. Законы Ома и Джоуля-Ленца в дифференциальной и интегральной формах. Правила Кирхгофа. Расчет линейных цепей с использованием правил Кирхгофа.

Тема 3. Электропроводность

Классическая теория проводимости металлов Друде. Теория Зоммерфельда. Основы зонной теории твердых тел. Энергетические зоны металлов и полупроводников. Энергия Ферми. Собственная и примесная проводимость полупроводников. Полупроводниковые диоды и транзисторы. Явление сверхпроводимости.

Механизм проводимости растворов электролитов. Законы Фарадея для электролиза. Число Фарадея. Электрическая проводимость газов. Типы газовых разрядов и их характеристика. Плазма и её основные свойства.

Внутренняя и внешняя контактная разность потенциалов. Термоэлектрические явления (явления Зеебека, Пельтье и Томсона). Термоэлектродвижущая сила. Термоэлектронная эмиссия. Формула Ричардсона-Дешмана. Закон Бугулавского-Ленгмюра (закон трех вторых).

Тема 4. Стационарное магнитное поле

Вектор магнитной индукции. Магнитный момент. Закон Био-Савара-Лапласа. Магнитный поток. Теорема о потоке вектора магнитной индукции через замкнутую поверхность. Векторный потенциал. Закон взаимодействия токов, его полевая трактовка. Сила Лоренца и её проявления. Эффект Холла. Теорема о циркуляции вектора магнитной индукции по замкнутому контуру (закон полного тока). Вихревой характер магнитного поля.

Тема 5. Магнетики

Намагниченность. Магнитная восприимчивость и магнитная проницаемость. Типы магнетиков. Объемные и поверхностные молекулярные токи в веществе. Напряженность магнитного поля. Граничные условия для векторов напряженности и индукции магнитного поля. Гиромагнитные явления. Гиромагнитные отношения для орбитальных и спиновых моментов. Ларморова прецессия атома. Ларморова частота. Природа диамагнетизма. Парамагнетики. Зависимость парамагнитной восприимчивости от температуры. Закон Кюри. Ферромагнетики. Зависимость намагниченности и магнитной индукции напряженности поля. Закон Кюри. Доменная структура. Антиферромагнетизм. Ферромагнетики.

Тема 6. Электромагнитная индукция

Явление электромагнитной индукции. Закон Фарадея. Правило Ленца. Максвелловская трактовка закона электромагнитной индукции. Вихревой характер электрического поля. Выражение напряженности вихревого поля через векторной потенциал. Явления самоиндукции и взаимной индукции. Индуктивность контура. Трансформатор. Энергия и плотность энергии магнитного поля.

Тема 7. Переменный квазистационарный электрический ток

Вынужденные электрические колебания в цепи с активным сопротивлением, индуктивностью и ёмкостью. Квазистационарный синусоидальный переменный ток. Критерий квазистационарности тока. Закон Ома. Импеданс. Мощность переменного тока. Действующие (эффективные) значения силы тока и напряжения. Коэффициент мощности, его физический смысл. Резонанс напряжений в цепи переменного тока с индуктивностью и ёмкостью. Резонанс токов в цепи с индуктивностью и ёмкостью.

Тема 8. Уравнения Максвелла и основные свойства электромагнитных волн

Система уравнений Максвелла (в интегральной и дифференциальной форме) и их физический смысл. Электромагнитные волны. Волновое уравнение. Фазовая скорость волны. Уравнение плоской электромагнитной волны. Поперечный характер волны. Энергия электромагнитной волны. Поток энергии. Вектор Пойнтинга. Инварианты электромагнитного поля.

Темы практических занятий:**Тема 1.**

Решение задач по темам: закон Кулона. напряженность электрического поля, электрический диполь, дипольный момент.

Решение задач по темам: теорема Гаусса для электростатики (в интегральной и дифференциальной форме), потенциальный характер электростатического поля, интегральная и дифференциальная формулировки критерия потенциальности.

Решение задач по темам: скалярный потенциал, разность потенциалов, градиент потенциала, уравнения Пуассона и Лапласа.

Решение задач по темам: электрическая ёмкость уединённого проводника, энергия электростатического поля, энергия заряженного конденсатора, энергия диполя во внешнем поле.

Решение задач по темам: постоянное электрическое поле при наличии диэлектрика, поляризованность диэлектрика, диэлектрическая восприимчивость и диэлектрическая проницаемость.

Решение задач по темам: объемные и поверхностные поляризационные заряды в диэлектрике, теорема Гаусса при наличии диэлектрика.

Решение задач по темам: граничные условия для вектора напряженности и смещения, силы в электростатическом поле.

Контрольная работа № 1 по дисциплине по теме 1 практических занятий.

Тема 2.

Решение задач по темам: законы Ома и Джоуля-Ленца в дифференциальной и интегральной формах, правила Кирхгофа, расчет линейных цепей с использованием правил Кирхгофа.

Решение задач по темам: расчет линейных цепей с использованием правил Кирхгофа.

Тема 3.

Решение задач по темам: классическая теория проводимости металлов Друде.

Решение задач по темам: собственная и примесная проводимость полупроводников, полупроводниковые диоды и транзисторы.

Решение задач по темам: электрическая проводимость газов.

Решение задач по темам: термоэлектронная эмиссия, формула Ричардсона-Дешмана, закон Богуславского-Ленгмюра.

Контрольная работа № 2 по дисциплине по темам 2, 3 практических занятий.

Тема 4.

Решение задач по темам: вектор магнитной индукции, магнитный момент, закон Био-Савара-Лапласа, теорема о потоке вектора магнитной индукции через замкнутую поверхность.

Решение задач по темам: закон взаимодействия токов, его полевая трактовка, сила Лоренца и её проявления, теорема о циркуляции вектора магнитной индукции по замкнутому контуру.

Тема 5.

Решение задач по темам: напряженность магнитного поля, граничные условия для векторов напряженности и индукции магнитного поля.

Решение задач по темам: зависимость намагниченности и магнитной индукции от напряженности магнитного поля.

Тема 6.

Решение задач по темам: закон электромагнитной индукции Фарадея, явление самоиндукции.

Контрольная работа № 3 по дисциплине по темам 4, 5, 6 практических занятий.

Тема 7.

Решение задач по темам: закон Ома для цепей переменного тока, мощность переменного тока.

Решение задач по темам: резонанс напряжений и токов в цепи переменного тока с индуктивностью и ёмкостью.

Тема 8.

Решение задач по темам: уравнения Максвелла.

Решение задач по темам: электромагнитные волны, волновое уравнение.

Решение задач по темам: энергия электромагнитной волны, поток энергии.

Темы лабораторных занятий:

Лабораторная работа № 1. Электроизмерительные приборы. Изучение осциллографа

Лабораторная работа состоит из 3 упражнений: Калибровка электронного осциллографа, где проводится калибровка усилителя вертикального отклонения, калибровка генератора развертки; Измерение постоянных и переменных напряжений, где измеряют амплитуду и длительность импульсов на экране осциллографа; Измерение частоты (периода) переменного сигнала, где определяют длительность и постоянную времени переднего фронта прямоугольного импульса.

Лабораторная работа № 2. Измерение ёмкости конденсаторов

Лабораторная работа состоит из 2 упражнений: Определение ёмкости конденсаторов с помощью мостика Сотти; Определение ёмкости конденсатора методом куметра.

Лабораторная работа № 3. Проверка закона Ома для цепей переменного тока

Лабораторная работа состоит из 3 упражнений: Измерение коэффициента самоиндукции, где измеряют активное и полное сопротивление катушки, а затем по формуле вычисляют коэффициент самоиндукции; Измерение ёмкости конденсаторов, где определяют по приборам эффективные значения тока и напряжения, а затем по формуле вычисляют ёмкость конденсаторов; Проверка закона Ома для участка цепи переменного тока, где, изменяя сопротивление реостата, отсчитывают эффективные значения тока и напряжения, а затем подставляют в формулу и вычисляют полное сопротивление цепи, сравнивая его с полученным результатом из предыдущих упражнений.

Лабораторная работа № 4. Исследование выпрямительных схем на полупроводниковых диодах

В лабораторной работе измеряют эффективное значение входного напряжения, среднее значение напряжения на сопротивлении нагрузки и по формуле вычисляют КПД выпрямителя.

Лабораторная работа № 5. Измерение сопротивлений

Лабораторная работа состоит из 2 упражнений: Определение удельного сопротивления нихромовой проволоки проводится методом вольтметра и амперметра, где измеряют сопротивление заданного участка проволоки, его длины и площади сечения, а затем по формуле вычисляют удельное сопротивление; Измерение сопротивлений с помощью моста Уитстона, где, пользуясь известным сопротивлением, из условия равновесия моста, определяют неизвестное сопротивление.

Лабораторная работа № 6. Измерение мощности переменного тока и сдвига фаз между током и напряжением

В лабораторной работе измеряют мощность, эффективные значения тока и напряжения для различных сопротивлений нагрузки. Изучают зависимость изменения $\cos \varphi$ от глубины насадки железного сердечника, определяют для каждого случая величину индуктивного сопротивления.

Лабораторная работа № 7. Измерение напряженности магнитного поля соленоида на его оси

Лабораторная работа состоит из 2 упражнений: Измерение магнитного поля на оси длинного соленоида, где с помощью измерительной катушки, пользуясь формулой, определяют амплитуду напряженности магнитного поля; Измерение магнитного поля на оси короткого соленоида.

Лабораторная работа № 8. Снятие кривой намагничивания и петли гистерезиса с помощью осциллографа

Лабораторная работа состоит из 2 упражнений: Снятие кривой намагничивания, где, регулируя уровень выходного сигнала генератора, получают на экране осциллографа петлю гистерезиса с участком насыщения, строят график кривой начального намагничивания, рассчитывают значения B и H по формулам; Определение потерь на перемагничивание с использованием петли гистерезиса.

Лабораторная работа № 9. Передача мощности в цепи постоянного тока

В лабораторной работе измеряют ЭДС источников постоянного тока, ток и напряжение в цепи. Вычисляют для каждого значения тока и напряжения полную мощность, полезную мощность, КПД. По полученным данным вычисляют мощность короткого замыкания и внутреннее сопротивление для каждого источника.

Лабораторная работа № 10. Изучение вынужденных колебаний и явления резонанса в последовательном колебательном контуре

Исследуется зависимость амплитуды переменного напряжения на конденсаторе от частоты при различных значениях активного сопротивления.

Все лабораторные работы по дисциплине проводятся в «Лаборатории электричества и магнетизма» ФТИ.

На вводном лабораторном занятии проводится инструктаж по технике безопасности. Преподавателем объясняется формат проведения лабораторных занятий, требования к допуску к выполнению лабораторной работы, содержание отчета по лабораторной работе, формат защиты лабораторной работы.

К каждой лабораторной работе имеются подробные методические рекомендации с необходимыми теоретическими сведениями, описанием установки, описанием последовательности выполнения заданий и обработки полученных результатов, а также список литературы.

В течение семестра каждому студенту необходимо обязательно выполнить и защитить 6 лабораторных работ. Лабораторные работы выполняются в малых группах (2 студента). Очередность выполнения лабораторных работ определяется преподавателем.

5. Учебно-методическое обеспечение и планирование самостоятельной работы обучающихся

Таблица 4

№ темы	Темы	Формы СРС, включая требования к подготовке к занятиям
1.	Электростатика.	1. Проработка лекций. 2. Работа с учебной литературой.
2.	Постоянный электрический ток.	1. Проработка лекций. 2. Работа с учебной литературой.
3.	Электропроводность.	1. Проработка лекций. 2. Работа с учебной литературой.
4.	Стационарное магнитное поле.	1. Проработка лекций. 2. Работа с учебной литературой.
5.	Магнетики.	1. Проработка лекций. 2. Работа с учебной литературой.
6.	Электромагнитная индукция.	1. Проработка лекций. 2. Работа с учебной литературой.
7.	Переменный квазистационарный электрический ток.	1. Проработка лекций. 2. Работа с учебной литературой.
8.	Уравнения Максвелла и основные свойства электромагнитных волн.	1. Проработка лекций. 2. Работа с учебной литературой.

6. Промежуточная аттестация по дисциплине

Студент, набравший определенное количество баллов, может получить экзаменационную оценку «автоматом» в соответствии со шкалой:

71 балл и выше – «удовлетворительно»;

88 баллов и выше – «хорошо»;

106 и выше – «отлично».

Необходимым условием получения положительной оценки по дисциплине является выполнение всех видов учебной деятельности (лекционной, практической (семинарской) и лабораторной).

Критерием выполнения лабораторной деятельности служит выполнение и защита 6-и лабораторных работ (форма контроля: лабораторный отчет, контрольные вопросы).

Критерием выполнения семинарской деятельности служит решение 9 блоков задач и защита перед преподавателем минимум одного блока из каждого модуля задач.

Если студент не освоил какой-либо вид деятельности, то он не может получить положительной оценки по дисциплине в целом. Он может участвовать в экзамене, показать,

как освоил теоретическую часть дисциплины, но не более того. Кроме того, несвоевременное выполнение практической (семинарской) и лабораторной частей может привести к снижению оценки на экзамене при повторной аттестации.

Экзаменационный билет будет содержать два вопроса из тематики лекционных занятий.

6.1. Оценочные материалы для проведения промежуточной аттестации по дисциплине

Примерные вопросы к экзамену

1. Электрический заряд. Модель точечного заряда. Инвариантность заряда. Закон сохранения заряда.
2. Закон Кулона. Полевая трактовка закона. Напряженность электрического поля.
3. Электрический диполь. Дипольный момент. Поле диполя.
4. Теорема Гаусса для электростатики (в интегральной и дифференциальной форме).
5. Потенциальный характер электростатического поля. Интегральная и дифференциальная формулировки критерия потенциальности. Скалярный потенциал, разность потенциалов. Градиент потенциала. Уравнения Пуассона и Лапласа.
6. Постоянное электрическое поле при наличии проводников. Электрическая емкость уединенного проводника.
7. Силы в электростатическом поле, действующие на заряд, на диполь.
8. Энергия электростатического поля. Энергия заряженного конденсатора. Энергия диполя во внешнем поле.
9. Постоянное электрическое поле при наличии диэлектрика. Поляризованность диэлектрика. Диэлектрическая восприимчивость и диэлектрическая проницаемость.
10. Объемные и поверхностные поляризационные заряды в диэлектрике. Вектор электрического смещения. Теорема Гаусса при наличии диэлектрика. Граничные условия для вектора напряженности и смещения.
11. Молекулярная картина поляризации диэлектриков. Электронная, ионная и дипольная поляризация. Формула Клазиуса-Мосотти. Формула Дебая-Ланжевена.
12. Сегнетоэлектрики и пьезоэлектрики. Прямой и обратный пьезоэлектрический эффект.
13. Условия существования постоянного электрического тока. Сторонняя ЭДС.
14. Законы Ома и Джоуля-Ленца в дифференциальной и интегральной формах.
15. Правила Кирхгофа. Расчет линейных цепей с использованием правил Кирхгофа.
16. Классическая теория проводимости металлов Друде. Теория Зоммерфельда.
17. Основы зонной теории твердых тел. Энергетические зоны металлов и полупроводников. Энергия Ферми.
18. Собственная и примесная проводимость полупроводников. Полупроводниковые диоды и триоды (транзисторы).
19. Явление сверхпроводимости.
20. Механизм проводимости растворов электролитов. Законы Фарадея для электролиза. Число Фарадея.
21. Электрическая проводимость газов. Типы газовых разрядов и их характеристика. Плазма и ее основные свойства.
22. Внутренняя и внешняя контактная разность потенциалов. Термоэлектрические явления (явления Зеебека, Пельтье и Томсона).
23. Термоэлектронная эмиссия. Формула Ричардсона-Дешмана. Закон Богуславского-Ленгмюра (закон трех вторых).
24. Стационарное магнитное поле. Вектор магнитной индукции. Магнитный момент. Закон Био-Савара-Лапласа.
25. Магнитный поток. Теорема о потоке вектора магнитной индукции через замкнутую поверхность. Векторный потенциал.

26. Закон взаимодействия токов (закон Ампера), его полевая трактовка.
27. Сила Лоренца и ее проявления. Эффект Холла.
28. Теорема о циркуляции вектора магнитной индукции по замкнутому контуру (закон полного тока). Вихревой характер магнитного поля.
29. Магнитное поле при наличии магнетиков. Намагниченность. Магнитная восприимчивость и магнитная проницаемость. Типы магнетиков.
30. Объемные и поверхностные молекулярные токи в веществе. Напряженность магнитного поля. Граничные условия для векторов напряженности и индукции магнитного поля.
31. Гиромагнитные явления. Гиромагнитные отношения для орбитальных и спиновых моментов.
32. Ларморова прецессия атома. Ларморова частота. Природа диамагнетизма.
33. Парамагнетики. Зависимость парамагнитной восприимчивости от температуры. Закон Кюри.
34. Ферромагнетики. Зависимость намагниченности и магнитной индукции напряженности поля. Закон Кюри. Доменная структура. Антиферромагнетизм. Ферримагнетики.
35. Явление электромагнитной индукции. Закон Фарадея. Правило Ленца. Максвелловская трактовка закона электромагнитной индукции. Вихревой характер электрического поля. Выражение напряженности вихревого поля через векторной потенциал.
36. Явления самоиндукции и взаимной индукции. Индуктивность контура. Трансформатор.
37. Энергия и плотность энергии магнитного поля.
38. Вынужденные электрические колебания в цепи с активным сопротивлением, индуктивностью и емкостью. Квазистационарный синусоидальный переменный ток. Критерий квазистационарности тока. Закон Ома. Импеданс.
39. Мощность переменного тока. Действующие (эффективные) значения силы тока и напряжения. Коэффициент мощности, его физический смысл.
40. Резонанс напряжений в цепи переменного тока с индуктивностью и емкостью.
41. Резонанс токов в цепи с индуктивностью и емкостью.
42. Система уравнений Максвелла (в интегральной и дифференциальной форме) и их физический смысл.
43. Электромагнитные волны. Волновое уравнение. Фазовая скорость волны.
44. Уравнение плоской электромагнитной волны. Поперечный характер волны.
45. Энергия электромагнитной волны. Поток энергии. Вектор Пойнтинга.
46. Инварианты электромагнитного поля.

6.2. Критерии оценивания компетенций:

Таблица 5

Карта критериев оценивания компетенций

№ п/п	Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенций, соотнесенные с планируемыми результатами обучения	Оценочные материалы	Критерии оценивания
1.	ОПК-3: способен самостоятельно осваивать современную физическую, аналитическую и технологическую аппаратуру различного назначения и работать на ней	<p>Пороговый уровень освоения ОП (удовл.): <i>Знает:</i> базовые принципы работы и методы эксплуатации некоторой части современной физической, аналитической и технологической аппаратуры различного назначения.</p> <p><i>Умеет:</i> с помощью преподавателя осваивать простую физическую, аналитическую и технологическую аппаратуру различного назначения и работать на ней.</p> <p>Базовый (хор.): <i>Знает:</i> основные принципы работы и методы эксплуатации современной физической, аналитической и технологической аппаратуры различного назначения.</p> <p><i>Умеет:</i> самостоятельно осваивать типовую современную физическую, аналитическую и технологическую аппаратуру различного назначения и работать на ней.</p> <p>Повышенный (отл.): <i>Знает:</i> принципы работы и методы эксплуатации современной физической, аналитической и технологической</p>	Отчеты по лабораторным работам. Контрольные вопросы к лабораторным работам.	Правильность и полнота ответов по основным техническим параметрам измерительных приборов; умение правильно оценивать приборную погрешность.

		<p>аппаратуры различного назначения.</p> <p>Умеет: самостоятельно осваивать современную физическую, аналитическую и технологическую аппаратуру различного назначения и работать на ней.</p>		
2.	<p>ОПК-4: способен самостоятельно проводить теоретические и экспериментальные исследования в избранной области технической физики, использовать основные приемы обработки и представления полученных данных, учитывать современные тенденции развития технической физики в своей профессиональной деятельности</p>	<p>Пороговый (удовл.): Знает: отдельные законы электричества и магнетизма и отдельные методы теоретических и экспериментальных исследований; отдельные приемы обработки и представления данных. Умеет: применять отдельные методы теоретических и экспериментальных исследований из области электромагнитных колебаний и волн для решения профессиональных задач с помощью преподавателя.</p> <p>Базовый (хор.): Знает: фундаментальные разделы общей и теоретической физики (основные законы и модели электричества и магнетизма) и основные методы теоретических и экспериментальных исследований в избранной области технической физики. Умеет: применять основные методы теоретических и экспериментальных исследований из области электромагнитных колебаний и волн для решения профессиональных задач с помощью преподавателя; самостоятельно</p>	<p>Отчеты по лабораторным работам; контрольные вопросы к лабораторным работам: решение 48 домашних задач; 30 вопросов двух коллоквиумов, 46 вопросов к экзамену.</p>	<p>Присутствие и конспектирование лекционного материала на лекционном занятии; полнота и правильность ответов на вопросы коллоквиумов, количество правильно решенных задач; полнота представления отчетов по лабораторным работам с предоставлением обработанных результатов, выводы из проделанной работы; интенсивном использовании основных и дополнительных источников при подготовке к выполнению лабораторных работ и решению задач.</p>

		<p>пользоваться основными приемами обработки и представления данных.</p> <p>Повышенный (отл.): Знает: фундаментальные разделы общей и теоретической физики (основные законы и модели электричества и магнетизма) и основные методы теоретических и экспериментальных исследований в избранной области технической; основные приемы обработки и представления данных; современные тенденции развития технической физики. Умеет: самостоятельно применять основные методы физических исследований из области электромагнитных колебаний и волн для решения профессиональных задач; самостоятельно использовать различные методы статистической обработки экспериментальных данных из области электромагнитных колебаний и волн для решения профессиональных задач; учитывать современные тенденции развития технической физики в своей профессиональной деятельности.</p>		
--	--	--	--	--

7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

7.1. Основная литература:

Пономарева, В.А. Электричество и магнетизм: курс лекций / В.А. Пономарева, В.А. Кузьмичева. — Москва: Московская государственная академия водного транспорта, 2007. — 116 с. — ISBN 2227-8397. — Текст: электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS: [сайт]. — URL: <http://www.iprbookshop.ru/46357.html> (дата обращения: 12.05.2021). — Режим доступа: для авторизир. пользователей.

7.2. Дополнительная литература:

1. Гринберг, Я.С. Электричество и магнетизм : учебное пособие / Я.С. Гринберг, Э.А. Кошелев, А.Г. Моисеев. — Новосибирск: Новосибирский государственный технический университет, 2017. — 191 с. — ISBN 978-5-7782-3163-4. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS: [сайт]. — URL: <http://www.iprbookshop.ru/91590.html> (дата обращения: 12.05.2021).

2. Дубровский, В.Г. Электричество и магнетизм. Сборник задач и примеры их решения / Дубровский В.Г., Харламов Г.В. — Новосибирск: НГТУ, 2011. — 92 с.: ISBN 978-5-7782-1600-6. — Текст: электронный. — URL: <https://znanium.com/catalog/product/546026> (дата обращения: 12.05.2021).

3. Дерябин, Виктор Михайлович. Физика: [учебник для студентов вузов, обучающихся по химическим, химико-биологическим, биологическим и сельскохозяйственным специальностям] / В.М. Дерябин, В.Е. Борисенко. 2-е изд., перераб. Тюмень: Изд-во Тюм. гос. ун-та, 2001. 656 с.

4. Елканова, Т.М. Практикум по курсу «Электричество и магнетизм»: учебное пособие / Т.М. Елканова. — Саратов: Ай Пи Эр Медиа, 2017. — 254 с. — ISBN 978-5-4486-0148-4. — Текст: электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS: [сайт]. — URL: <http://www.iprbookshop.ru/71578.html> (дата обращения: 12.05.2021).

5. Общий физический практикум. Электричество и магнетизм: лабораторный практикум / составители Д.В. Гладких [и др.]. — Ставрополь: Северо-Кавказский федеральный университет, 2018. — 290 с. — ISBN 2227-8397. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS: [сайт]. — URL: <http://www.iprbookshop.ru/92711.html> (дата обращения: 12.05.2021). — Режим доступа: для авторизир. пользователей.

7.3. Интернет-ресурсы:

Не предусмотрено использование в данной дисциплине.

7.4. Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы:

eLIBRARY – Научная электронная библиотека (Москва) <http://elibrary.ru/>

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

– Лицензионное ПО, в том числе отечественного производства:

платформа для электронного обучения Microsoft Teams, офисный пакет Microsoft Office.

9. Технические средства и материально-техническое обеспечение дисциплины

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

Для проведения практических занятий требуется аудитория, оборудованная меловой или интерактивной доской.

Для лабораторных занятий — лаборатория со специализированным лабораторным оборудованием, аналоговые и цифровые приборы для электроизмерений.

Список оборудования для проведения лабораторных работ:

Лабораторная работа 1: осциллограф, генератор, соединительные кабели.

Лабораторная работа 2: звуковой генератор, магазин сопротивлений, реохорд (реостат), осциллограф, конденсаторы неизвестной ёмкости, вольтметр, эталонный конденсатор, конденсатор переменной ёмкости градуированный, катушка индуктивности эталонная, сопротивление 5...10 Ом, омметр.

Лабораторная работа 3: набор катушек индуктивности и конденсаторов, реостат, ключ, источник постоянного и переменного напряжения, вольтметр, амперметр, соединительные проводники.

Лабораторная работа 4: стенд с набором сменных панелей, источник питания, осциллограф, мультиметр, соединительные кабели.

Лабораторная работа 5: лабораторный прибор с реохордом, магазин сопротивлений, соединительные проводники, набор сопротивлений.

Лабораторная работа 6: источник питания, ваттметр, реостат, набор сопротивлений нагрузки.

Лабораторная работа 7: лабораторный стенд, включающий соленоиды и измерительную катушку, звуковой генератор, осциллограф, соединительные проводники.

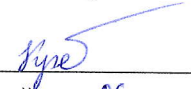
Лабораторная работа 8: лабораторный стенд для наблюдения петли гистерезиса, генератор, двухканальный осциллограф, соединительные провода.

Лабораторная работа 9: два источника ЭДС, амперметр, вольтметр, реостат.

Лабораторная работа 10: исследуемый контур, магазин сопротивлений, вольтметр переменного тока или осциллограф в качестве измерителя напряжения, генератор сигналов, частотомер, соединительные проводники и кабели.

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«ТЮМЕНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

УТВЕРЖДАЮ
Заместитель директора
Физико-технического института
по учебной работе


_____ С.А. Креков
« 23 » 06. 2021 г.

ФИЗИКА АТОМА, ЯДРА И ЭЛЕМЕНТАРНЫХ ЧАСТИЦ

Рабочая программа дисциплины
для обучающихся по направлению подготовки
16.03.01 Техническая физика
Профиль: Техническая физика в нефтегазовых технологиях
форма обучения: очная

Кислицын А.А. Физика атома, ядра и элементарных частиц. Рабочая программа дисциплины для обучающихся по направлению подготовки 16.03.01 Техническая физика, профиль Техническая физика в нефтегазовых технологиях, форма обучения очная. Тюмень, 2021.

Рабочая программа дисциплины опубликована на сайте ТюмГУ:
<https://www.utmn.ru/sveden/education/#>.

1. Пояснительная записка

Цель дисциплины «Физика атома, ядра и элементарных частиц» — представить физическую теорию как обобщение наблюдений, практического опыта и эксперимента, дать студентам последовательную систему знаний о физике атома, атомного ядра и элементарных частиц, необходимых для формирования в сознании физической картины окружающего мира, применения физических понятий и законов к решению конкретных физических задач.

Задачи дисциплины:

- сообщить обучающимся основные принципы и законы современной физики атома, атомного ядра и элементарных частиц, и их математическое выражение;
- ознакомить обучающихся с основными физическими явлениями, происходящими в микромире, методами их наблюдения, с основными приборами и методами экспериментальных исследований в физике атома, атомного ядра и элементарных частиц;
- дать обучающимся ясное представление о границах применимости моделей и законов классической и современной физики.

1.1. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Данная дисциплина входит в обязательную часть блока Б1 Дисциплины (модули). Для ее успешного освоения необходимо предварительное изучение дисциплин «Механика», «Молекулярная физика», «Электричество и магнетизм», «Оптика», «Математический анализ», «Линейная алгебра и аналитическая геометрия», «Высшая математика».

1.2. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения данной дисциплины

Таблица 1

Код и наименование компетенции (из ФГОС ВО)	Код и наименование части компетенции	Планируемые результаты обучения (знаниевые/функциональные)
ОПК-3: способен самостоятельно осваивать современную физическую, аналитическую и технологическую аппаратуру различного назначения и работать на ней	–	Знает избранные области экспериментальных физических исследований; современную приборную базу, тенденции ее развития
		Умеет использовать различные метрические системы; работать с различной измерительной и аналитической аппаратурой, оценивать достоверность и погрешность измерений
ОПК-4: способен самостоятельно проводить теоретические и экспериментальные исследования в избранной области технической физики, использовать основные приемы обработки и представления полученных данных, учитывать современные тенденции развития технической физики в своей профессиональной деятельности	–	Знает фундаментальные разделы общей физики; методы измерений и исследований, основанные на различных физических эффектах; современные тенденции развития технической физики
		Умеет применять физические законы и расчетные формулы при решении конкретных задач; получать расчетные формулы для различных установок и систем; планировать и проводить эксперимент, обрабатывать его результаты, оценивать погрешность полученных результатов

2. Структура и объем дисциплины

Таблица 2

Вид учебной работы	Всего часов (академические часы)	Часов в семестре (академические часы)
		5 семестр
Общий объем зач. ед. час	5	5
	180	180
Из них:		
Часы контактной работы (всего):	100	100
Лекции	34	34
Практические занятия	30	30
Лабораторные / практические занятия по подгруппам	34	34
Консультации и иная контактная работа	2	2
Часы внеаудиторной работы, включая самостоятельную работу обучающегося	80	80
Вид промежуточной аттестации		экзамен

3. Система оценивания

3.1. При текущем контроле учитываются следующие виды деятельности обучающихся:

- Посещение лекций: 2 балла за посещение 1 пары лекций, т.е. до 34 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 10 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; ответы либо не получены, либо неправильные (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, ответы либо не получены, либо ответ 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 численный, так и в общем виде, есть все необходимые комментарии и расчеты: 4 балла.

Форма промежуточной аттестации – экзамен.

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. Если при этом суммарное количество баллов, полученных в течение семестра, составляет:

61 – 75, то можно автоматически получить оценку "удовлетворительно";

76 – 90 – оценку "хорошо";

91 и более – оценку "отлично".

Если студент набрал за семестр менее 61 балла или желает повысить оценку, то он сдает экзамен в устной форме.

4. Содержание дисциплины

4.1. Тематический план дисциплины

Таблица 3

№ п/п	Наименование тем и/или разделов	Объем дисциплины, час.				
		Всего	Виды аудиторной работы (академические часы)			Консультации и иная контактная работа
			Лекции	Практические занятия	Лабораторные/практические занятия по подгруппам	
1	2	3	4	5	6	7
<i>Лекции и практические занятия</i>						
1.	Развитие атомистических и квантовых представлений	6	2	2	0	0
2.	Основы квантовой теории. Волновая функция, ее физический смысл.	6	2	2	0	0
3.	Соотношение неопределенностей Гейзенберга. Уравнение Шредингера.	6	2	2	0	0
4.	Современные представления о строении атома.	6	2	2	0	0
5.	Физическое объяснение периодической системы Д.И. Менделеева.	6	2	2	0	0

6.	Атомы в магнитном и электрическом полях.	6	2	2	0	0
7.	Физика молекул.	6	2	2	0	0
8.	Элементы квантовой теории твердых тел.	6	2	2	0	0
9.	Свойства атомных ядер.	6	2	2	0	0
10.	Радиоактивный распад ядер. Основной закон радиоактивного распада.	6	2	2	0	0
11.	Альфа-распад ядер. Теория альфа-распада. Бета-распад ядер; виды бета-распада. Гамма-излучение ядер. Эффект Мессбауэра.	6	2	2	0	0
12.	Ядерные реакции.	6	2	2	0	0
13.	Деление и синтез атомных ядер.	6	2	2	0	0
14.	Взаимодействие ядерного излучения с веществом. Дозиметрия.	6	2	2	0	0
15.	Основные свойства элементарных частиц.	6	2	2	0	0
16.	Фундаментальные взаимодействия. Стандартная модель физики элементарных частиц.	4	2	0	0	0
17.	Современные астрофизические представления. Элементы космологии.	4	2	0	0	0
	Итого (лекции и практические занятия, часов)	98	34	30	0	0
Лабораторные занятия						
18.	Дозиметрия ионизирующих излучений.	10	0	0	2	0
19.	Определение удельного заряда электрона.	10	0	0	4	0
20.	Определение среднего пробега и энергии альфа-частиц.	10	0	0	4	0
21.	Определение максимальной энергии бета-частиц.	10	0	0	4	0
22.	Счетчик Гейгера-	10	0	0	4	0

	Мюллера.					
23.	Эффект Зеемана.	10	0	0	4	0
24.	Рентгеновские спектрометры.	10	0	0	4	0
25.	Эффект Мёссбауэра.	10	0	0	4	0
	Итого (лабораторные занятия, часов)	80	0	0	34	0
	Экзамен	2	0	0	0	2
	Итого (часов)	180	34	30	34	2

4.2. Содержание дисциплины по темам

Темы лекций и практических занятий:

Тема 1. Развитие атомистических и квантовых представлений.

Порядки величин, расстояний, энергий, специфика законов в микромире. Основные формулы теории относительности. Краткие исторические сведения о развитии физики атома, атомного ядра и элементарных частиц. Опыты Резерфорда. Планетарная модель атома. Квантовые постулаты Бора. Опыты Франка и Герца. Теория атома Бора. Спектр атома водорода. Изотопический сдвиг спектральных линий. Недостатки теории Бора.

Тема 2. Основы квантовой теории. Волновая функция, ее физический смысл.

Волновые свойства микрочастиц. Волны де Бройля. Экспериментальные доказательства волновых свойств микрочастиц. Волновая функция, ее физический смысл.

Тема 3. Соотношения неопределенностей Гейзенберга. Уравнение Шредингера.

Соотношения неопределенностей Гейзенберга. Стационарное и нестационарное уравнения Шредингера. Простейшие задачи квантовой механики. Частица в прямоугольной потенциальной яме. Квантовые точки. Прохождение частицы через потенциальный барьер. Туннельный эффект. Гармонический осциллятор. Различия квантовомеханического и классического описания движения. Понятие об операторах физических величин. Электрон в центрально-симметричном поле (водородоподобный атом): уровни энергии, квантовые числа, вид волновых функций.

Тема 4. Современные представления о строении атома.

Орбитальный механический и магнитный моменты электрона в атоме. Спин и собственный магнитный момент электрона. Экспериментальные доказательства существования спина и магнитного момента электрона; опыты Штерна и Герлаха. Ферми- и Бозе-частицы. Принцип Паули. Электронные оболочки атома и их заполнение. Спектры атомов щелочных металлов. Рентгеновские спектры, их природа. Закон Мозли. Эффект Оже.

Тема 5. Физическое объяснение периодической системы Д.И. Менделеева.

Физическое объяснение периодической системы Д.И. Менделеева. Полный момент импульса электрона в атоме. Символические обозначения атомных состояний. Спин-орбитальное взаимодействие и тонкая структура атомных спектров. Правила отбора. Векторная модель многоэлектронного атома. Правило Хунда. Спонтанное и вынужденное излучение. Лазеры.

Тема 6. Атомы в магнитном и электрическом полях.

Взаимодействие атома с магнитным и электрическим полями. Магнитный момент атома. Экспериментальные методы измерения магнитных моментов. Электронный парамагнитный резонанс (ЭПР). Эффекты Зеемана и Штарка.

Контрольная работа 1 по темам: Специальная теория относительности. Водородоподобные атомы. Состояния электронов в атоме.

Тема 7. Физика молекул.

Типы химической связи, ковалентная и ионная связь. Метод орбиталей. Ион молекулы водорода. Молекулы галогенов щелочных металлов. Вращательные, колебательные и электронные спектры молекул.

Тема 8. Элементы квантовой теории твердых тел.

Элементы физики жидкости и твердого тела. Кристаллические и аморфные тела. Типы связей в кристаллах. Основные понятия зонной теории твердых тел. Зонные модели металлов, полупроводников, диэлектриков. Фононы и другие квазичастицы. Сверхпроводимость.

Тема 9. Свойства атомных ядер.

Состав атомного ядра. Заряд и массовое число ядра. Изотопы и изобары. Энергия связи атомного ядра. Магические числа. Стабильные и радиоактивные ядра. Радиус, спин и магнитный момент ядра. Статистика и четность ядер. Методы измерения спина и магнитного момента ядра. Ядерный магнитный резонанс (ЯМР). Ядерные силы и их основные свойства. Взаимодействие нуклонов в ядре и модели атомных ядер. Капельная модель ядра. Полуэмпирическая формула Вейцеккера для энергии связи ядра. Оболочечная модель ядра, ее физическое обоснование. Потенциал усредненного ядерного поля. Спин-орбитальное взаимодействие. Объяснение спинов, четностей и магнитных моментов ядер в оболочечной модели. Вращательные и колебательные состояния ядер.

Тема 10. Радиоактивный распад ядер.

Основной закон радиоактивного распада, его статистический характер. Активность, единицы измерения активности. Постоянная распада, период полураспада, среднее время жизни ядра; методы измерения этих величин.

Тема 11. Альфа-распад ядер. Теория альфа-распада. Бета-распад ядер; виды бета-распада. Гамма-излучение ядер.

Альфа-распад ядер. Альфа-частицы. Спектры альфа-частиц. Энергетическое условие альфа-распада. Связь между периодом полураспада и энергией альфа-частиц (закон Гейгера-Неттола). Теория альфа-распада. Бета-распад ядер; виды бета-распада. Энергетические спектры электронов. Гамма-излучение ядер. Способы получения гамма-активных ядер. Ядерная изомерия. Внутренняя конверсия. Эффект Оже. Эффект Мессбауэра и его применение в физике. Спонтанное деление ядер.

Тема 12. Ядерные реакции.

Сечения реакций. Каналы ядерных реакций. Законы сохранения в ядерных реакциях. Энергия и порог ядерной реакции. Механизмы ядерных реакций. Модель составного ядра. Резонансные ядерные реакции. Формулы Брейта-Вигнера. Прямые ядерные реакции. Реакции под действием нейтронов. Методы получения и регистрации нейтронов. Быстрые, медленные и резонансные нейтроны. Искусственные и трансурановые элементы.

Тема 13. Деление и синтез атомных ядер.

Деление ядер под действием нейтронов. Цепная реакция деления. Активная зона; коэффициент размножения, критические размеры, критическая масса активной зоны. Ядерные реакторы на медленных и на быстрых нейтронах. Атомная энергетика. Вопросы безопасности атомной энергетика. Синтез легких ядер. Реакции в звездах. Проблема управляемого термоядерного синтеза. Токамаки и стеллараторы. Лазерный и пузырьковый термояд. Мюонный катализ.

Тема 14. Взаимодействие ядерного излучения с веществом. Дозиметрия.

Пробег заряженных частиц в веществе. Потери энергии на ионизацию и возбуждение атомов. Прохождение гамма-излучения через вещество, основные механизмы взаимодействия с веществом и эффективные сечения. Взаимодействие нейтронов с веществом. Биологическое действие ядерных излучений. Дозиметрия и защита от ядерных излучений.

Тема 15. Основные свойства элементарных частиц.

Экспериментальные методы в физике элементарных частиц. Детекторы ядерных частиц. Физические принципы работы ускорителей. Основные свойства элементарных частиц. Квазистабильные частицы и резонансы. Типы взаимодействий и классификация элементарных частиц. Лептоны и адроны. Частицы и античастицы. Законы сохранения в физике элементарных частиц.

Тема 16. Фундаментальные взаимодействия. Стандартная модель физики элементарных частиц.

Виртуальные частицы. Диаграммы Фейнмана. Электромагнитные взаимодействия. Элементы квантовой электродинамики. Лэмбовский сдвиг. Аномальный магнитный момент электрона. Сильные взаимодействия. Кварковая структура адронов. Мезоны и барионы, их основные свойства. Кварки и глюоны, их основные характеристики. Элементы квантовой хромодинамики. Экспериментальные подтверждения кварковой теории. Тетра- и пентакварки. Слабые взаимодействия. Основные свойства лептонов. Свойства нейтрино. Экспериментальные доказательства существования нейтрино. Проблема массы нейтрино. Несохранение четности в слабых взаимодействиях. Опыт Ву. Носители слабого взаимодействия - тяжелые бозоны. Стандартная модель фундаментальных взаимодействий в физике элементарных частиц. Бозон Хиггса. Недостатки стандартной модели. Теория струн.

Тема 17. Современные астрофизические представления. Элементы космологии.

Нуклеосинтез во Вселенной. Основные этапы развития Вселенной. Космические лучи и их основные характеристики. Первичные и вторичные космические лучи. Радиационные пояса Земли.

Контрольная работа 2 по темам: Оболочечная модель ядра. Радиоактивный распад ядер. Дозиметрия и защита от ионизирующих излучений.

Темы лабораторных занятий:

Тема 1. Дозиметрия ионизирующих излучений.

Ознакомление с дозиметрическими характеристиками ионизирующих излучений, единицами измерения и принципом работы промышленного дозиметра. Измерение и расчет мощности эквивалентной дозы для различных излучателей.

Тема 2. Определение удельного заряда электрона.

Ознакомление с теорией движения электрических зарядов в магнитном поле. Практическое применение этой теории для измерения отношения электрического заряда электрона к его массе.

Тема 3. Определение среднего пробега и энергии альфа-частиц.

Ознакомление с теорией α -распада, практическое изучение прохождения α -частиц в веществе (в воздухе), измерение энергии альфа-частиц.

Тема 4. Определение максимальной энергии бета-частиц.

Ознакомление с элементами теории бета-распада. Исследование поглощения β -частиц в алюминии, определение верхней границы β -спектра изотопного источника $\text{Sr}^{90}/\text{Y}^{90}$.

Тема 5. Счетчик Гейгера-Мюллера.

Ознакомление с принципами работы газонаполненных детекторов ядерных излучений. Исследование счетной характеристики и определение мертвого времени счетчика Гейгера-Мюллера.

Тема 6. Эффект Зеемана.

Ознакомление с теорией эффекта Зеемана. Исследование простого (нормального) эффекта Зеемана, наблюдаемого при расщеплении синглетной спектральной линии ртутного источника света, помещенного в магнитное поле.

Тема 7. Рентгеновские спектрометры.

Ознакомление с теорией рентгеновского излучения. Теоретическое и практическое изучение работы рентгеновских спектрометров, способов получения рентгеновских спектров и методов их обработки.

Тема 8. Эффект Мёссбауэра.

Ознакомление с теорией эффекта Мёссбауэра. Изучение принципов работы мёссбауэровского спектрометра, получение практических навыков настройки спектрометра, регистрация, обработка и интерпретация мёссбауэровских спектров ядер ^{57}Fe .

5. Учебно-методическое обеспечение и планирование самостоятельной работы обучающихся

Таблица 4

№ темы	Темы	Формы СРС, включая требования к подготовке к занятиям
<i>Лекции и практические занятия</i>		
1.	Развитие атомистических и квантовых представлений.	- Проработка лекций. - Чтение основной и дополнительной литературы. - Выполнение домашнего задания.
2.	Основы квантовой теории. Волновая функция, ее физический смысл.	- Проработка лекций. - Чтение основной и дополнительной литературы. - Выполнение домашнего задания.
3.	Соотношение неопределенностей Гейзенберга. Уравнение Шредингера.	- Проработка лекций. - Чтение основной и дополнительной литературы. - Выполнение домашнего задания.
4.	Современные представления о строении атома.	- Проработка лекций. - Чтение основной и дополнительной литературы. - Выполнение домашнего задания.
5.	Физическое объяснение периодической системы Д.И. Менделеева.	- Проработка лекций. - Чтение основной и дополнительной литературы. - Выполнение домашнего задания.
6.	Атомы в магнитном и электрическом полях.	- Проработка лекций. - Чтение основной и дополнительной литературы. - Выполнение домашнего задания.
7.	Строение и свойства молекул.	- Проработка лекций. - Чтение основной и дополнительной литературы. - Выполнение домашнего задания.
8.	Элементы квантовой теории твердых тел.	- Проработка лекций. - Чтение основной и дополнительной литературы. - Выполнение домашнего задания.
9.	Свойства атомных ядер.	- Проработка лекций. - Чтение основной и дополнительной литературы. - Выполнение домашнего задания.
10.	Радиоактивный распад ядер. Основной закон радиоактивного распада. Активность, постоянная распада, период полураспада.	- Проработка лекций. - Чтение основной и дополнительной литературы. - Выполнение домашнего задания.
11.	Альфа-распад ядер. Теория альфа-распада. Бета-распад ядер; виды бета-распада. Гамма-излучение ядер.	- Проработка лекций. - Чтение основной и дополнительной литературы. - Выполнение домашнего задания.
12.	Ядерные реакции.	- Проработка лекций. - Чтение основной и дополнительной литературы. - Выполнение домашнего задания.
13.	Деление и синтез атомных ядер.	- Проработка лекций. - Чтение основной и дополнительной литературы. - Выполнение домашнего задания.
14.	Взаимодействие ядерного излучения с веществом. Дозиметрия.	- Проработка лекций. - Чтение основной и дополнительной литературы. - Выполнение домашнего задания.

15.	Основные свойства элементарных частиц.	- Проработка лекций. - Чтение основной и дополнительной литературы. - Выполнение домашнего задания.
16.	Фундаментальные взаимодействия. Стандартная модель физики элементарных частиц.	- Проработка лекций. - Чтение основной и дополнительной литературы.
17.	Современные астрофизические представления. Элементы космологии.	- Проработка лекций. - Чтение основной и дополнительной литературы.
Лабораторные занятия		
18.	Дозиметрия ионизирующих излучений.	- Подготовка лабораторного отчёта.
19.	Определение удельного заряда электрона.	- Подготовка лабораторного отчёта.
20.	Определение среднего пробега и энергии альфа-частиц.	- Подготовка лабораторного отчёта.
21.	Определение максимальной энергии бета-частиц.	- Подготовка лабораторного отчёта.
22.	Счетчик Гейгера-Мюллера.	- Подготовка лабораторного отчёта.
23.	Эффект Зеемана.	- Подготовка лабораторного отчёта.
24.	Рентгеновские спектрометры.	- Подготовка лабораторного отчёта.
25.	Эффект Мёссбауэра.	- Подготовка лабораторного отчёта.

6. Промежуточная аттестация по дисциплине

6.1. Оценочные материалы для проведения промежуточной аттестации по дисциплине

Экзамен проводится в устной форме.

Вопросы к экзамену разделены на три уровня: 0 (пороговый уровень), 1 (базовый уровень), 2 (повышенный уровень). Каждый экзаменационный билет содержит 3 вопроса: первый – уровня 0, второй – уровня 1 и третий – уровня 2.

Для получения удовлетворительной оценки необходимо и достаточно дать полный и правильный ответ на первый вопрос билета. На оценку «хорошо» надо дать полные и правильные ответы на первый вопрос билета, а также, на любой из оставшихся (2-й или 3-й). На оценку «отлично» надо дать полные и правильные ответы на все три вопроса билета.

Кроме этого, если студент набрал за практические занятия менее 20 баллов (т.е. без учета баллов за посещение лекций и лабораторный практикум), то к билету прилагается задача. В этом случае для получения положительной оценки необходимо, кроме ответов на вопросы, правильно решить задачу.

Примерные вопросы к экзамену:

В скобках указан уровень: 0 (пороговый уровень), 1 (базовый уровень), 2 (повышенный уровень)

1.(0). Специфика законов физики в микромире. Основные формулы теории относительности.

2.(0). Опыты Резерфорда. Планетарная модель атома.

3.(0). Квантовые постулаты Бора. Опыты Франка и Герца.

4.(0). Модель водородоподобного атома по теории Бора.

5.(0). Волновые свойства микрочастиц. Волны де Бройля. Экспериментальные доказательства волновых свойств микрочастиц.

- 6.(1). Фазовая и групповая скорость волн де Бройля. Волновой пакет.
- 7.(1). Волновая функция, ее физический смысл.
- 8.(0). Соотношения неопределенности.
- 9.(1). Уравнение Шредингера.
- 10.(1). Частица в "потенциальной яме" ("ящике") с бесконечно высокими стенками. Квантовые точки.
- 11.(2). Частица в "потенциальной яме" ("ящике") конечной глубины.
- 12.(1). Прохождение частицы через потенциальный барьер. Туннельный эффект. Коэффициент прозрачности потенциального барьера (без вывода формулы).
- 13.(2). Туннельный эффект. Коэффициент прозрачности потенциального барьера (вывод формулы).
- 14.(2). Линейный гармонический осциллятор.
- 15.(2). Операторы физических величин в квантовой теории.
- 16.(0). Водородоподобный атом. Орбитальный и собственный моменты импульса электрона и описание различных состояний электрона в атоме (основные результаты без вывода формул).
- 17.(2). Водородоподобный атом. Вывод формул.
- 18.(1). Спин и магнитный момент электрона.
- 19.(1). Экспериментальные доказательства существования спина и магнитного момента электрона.
- 20.(0). Ферми- и Бозе-частицы. Принцип Паули.
- 21.(0). Строение электронных оболочек. Объяснение периодической системы Д.И. Менделеева.
- 22.(1). Полный момент импульса электрона в атоме. Символические обозначения термов. Правила отбора для оптических переходов.
- 23.(2). Векторная модель многоэлектронного атома.
- 24.(2). Квантовые состояния многоэлектронных атомов. Правило Хунда.
- 25.(1). Рентгеновские спектры. Закон Мозли. Эффект Оже.
- 26.(2). Магнитный момент электронной оболочки атома.
- 27.(2). Эффект Зеемана. Эффект Штарка. Электронный парамагнитный резонанс (ЭПР).
- 28.(1). Физика молекулы. Ковалентная и ионная связь. Молекулярные спектры.
- 29.(1). Излучение возбужденных атомов. Лазеры.
- 30.(1). Элементы физики твердого тела. Виды и типы кристаллических решеток. Индексы Миллера.
- 31.(2). Элементы квантовой теории твердого тела. Энергетические зоны. Фононы и другие квазичастицы.
- 32.(0). Состав атомного ядра. Изотопы и изобары. Энергия связи атомного ядра.
- 33.(1). Радиус, спин и магнитный момент ядра. Статистика и четность ядер.
- 34.(2). Методы измерения спина и магнитного момента ядра. Ядерный магнитный резонанс (ЯМР).
- 35.(1). Ядерные силы. Капельная модель ядра. Формула Вейцеккера для энергии связи ядра.
- 36.(2). Оболочечная модель ядра. Спин-орбитальное взаимодействие нуклонов в ядре.
- 37.(2). Магнитный момент ядра. Гиромагнитное отношение нуклона в оболочечной модели ядра. Возбужденные состояния ядер.
- 38.(0). Радиоактивный распад ядер. Основной закон радиоактивного распада.

- 39.(0). Альфа-распад ядер.
- 40.(2). Теория альфа-распада.
- 41.(0). Бета-распады ядер.
- 42.(0). Гамма-излучение ядер. Внутренняя конверсия электронов. Ядерная изомерия. Эффект Мессбауэра.
- 43.(0). Спонтанное деление ядер.
- 44.(0). Ядерные реакции; их классификация, способы записи и общие закономерности.
- 45.(1). Энергия и порог ядерной реакции. Законы сохранения энергии, импульса, момента импульса и четности в ядерных реакциях.
- 46.(2). Теория ядерных реакций.
- 47.(2). Ядерные реакции под действием нейтронов. Формулы Брейта-Вигнера.
- 48.(1). Искусственные и трансурановые элементы.
- 49.(0). Цепная реакция деления тяжелых ядер под действием нейтронов.
- 50.(0). Ядерные реакторы на медленных и на быстрых нейтронах. Атомная энергетика.
- 51.(0). Реакции термоядерного синтеза. Ядерные реакции в звездах.
- 52.(0). Проблема управляемого термоядерного синтеза (УТС). Критерий Лоусона. Магнитное удержание плазмы. Установки типа ТОКАМАК.
- 53.(1). Инерционное удержание плазмы. Лазерный термоядерный синтез. Пузырьковый термоядерный синтез. Мюонный катализ.
- 54.(1). Прохождение заряженных частиц, гамма-квантов и нейтронов через вещество. Защита от радиоактивных излучений.
- 55.(0). Дозиметрические единицы. Биологическое действие радиоактивных излучений. Нормы радиационной безопасности.
- 56.(1). Приборы физики элементарных частиц. Детекторы частиц (счетчики и трековые регистраторы). Ускорители.
- 57.(0). Элементарные частицы и их свойства. Законы сохранения в физике элементарных частиц.
- 58.(0). Типы взаимодействий и классификация элементарных частиц. Античастицы. Виртуальные частицы.
- 59.(2). Электромагнитные взаимодействия. Диаграммы Фейнмана.
- 60.(1). Сильные взаимодействия. Кварковая структура мезонов и барионов. Экспериментальные подтверждения кварковой теории.
- 61.(2). Слабые взаимодействия. Основные свойства лептонов. Несохранение четности в слабых взаимодействиях. Опыт Ву.
- 62.(1). Свойства нейтрино.
- 63.(2). Стандартная модель фундаментальных взаимодействий в физике элементарных частиц. Бозон Хиггса.
- 64.(2). Недостатки Стандартной модели. Теория струн.
- 65.(1). Космические лучи.
- 66.(2). Современные астрофизические представления. Элементы космологии.

Примерные задачи для подготовки к экзамену:

Задача 1. На какое минимальное расстояние приблизится альфа-частица с кинетической энергией $T = 0,40$ МэВ (при лобовом соударении) к покоящемуся тяжелому ядру атома свинца?

Задача 2. В спектре атомарного водорода известны длины волн трех линий,

принадлежащих одной и той же серии: 97,26, 102,58 и 121,57 нм. Найти длины волн других линий в данном спектре, которые можно предсказать с помощью этих трех линий.

Задача 3. Определить для атома водорода и иона He^+ : энергию связи электрона в основном состоянии, потенциал ионизации, первый потенциал возбуждения и длину волны головной линии серии Лаймана.

Задача 4. Найти для атомов легкого и тяжелого водорода (H и D) разность:

- а) энергий связи их электронов в основном состоянии;
- б) длин головных линий серии Лаймана.

Задача 5. Нейтрон с кинетической энергией $T = 25$ эВ налетает на покоящийся дейтрон (ядро тяжелого водорода). Найти дебройлевские длины волн обеих частиц в системе их центра масс.

Задача 6. Узкий пучок электронов с кинетической энергией $T = 10$ кэВ проходит через поликристаллическую алюминиевую фольгу, образуя на экране систему дифракционных колец. Вычислить межплоскостное расстояние, соответствующее отражению третьего порядка от некоторой системы кристаллических плоскостей, если ему отвечает дифракционное кольцо диаметра $D = 3,20$ см. Расстояние между экраном и фольгой $l = 10,0$ см.

Задача 7. Используя правила Хунда, найти основной терм атома, незаполненная подболочка которого содержит:

- а) три p-электрона;
- б) четыре p-электрона.

Задача 8. Покоившееся ядро Po-210 испустило альфа-частицу с кинетической энергией $T = 5,77$ МэВ. Найти скорость отдачи дочернего ядра. Какую долю полной энергии, освобождаемой в этом процессе, составляет энергия отдачи дочернего ядра?

Задача 9. Тонкую золотую фольгу из стабильного Au-197 облучают по нормали к поверхности тепловыми нейтронами, плотность потока которых $J = 1,0 \times 10^{10} \text{ с}^{-1} \times \text{см}^{-2}$. Масса фольги $m = 10$ мг. В результате захвата нейтронов возникает бета-активный Au-198 , сечение образования которого $\sigma = 98$ барн и период полураспада $T = 2,7$ сут. Найти время облучения, за которое число ядер Au-197 уменьшится на $h = 1,0\%$.

Задача 10. Найти средний путь, проходимый пи-мезонами с кинетической энергией, которая в $h = 1,2$ раза превышает их энергию покоя. Среднее время жизни очень медленных пи-мезонов $t_0 = 25,5$ нс.

6.2. Критерии оценивания компетенций:

Таблица 5

Карта критериев оценивания компетенций

№ п/п	Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенций, соотнесенные с планируемыми результатами обучения	Оценочные материалы	Критерии оценивания
1.	ОПК-3: способен самостоятельно осваивать современную физическую, аналитическую и технологическую аппаратуру различного назначения и работать на ней	<p>Пороговый уровень освоения ОП (удовл.) <i>Знает</i> физические принципы работы современной технологической аппаратуры, применяемой в атомной и ядерной физике. <i>Умеет</i> применять законы и методы атомной и ядерной физики при решении задач экспериментального и прикладного характера; с помощью дозиметрических приборов измерять уровень радиационного фона, и определять степень его опасности.</p> <p>Базовый (хор.) <i>Знает</i> физические принципы работы современной технологической аппаратуры, применяемой в атомной и ядерной физике, их теоретическое и экспериментальное обоснование; успехи современной физики в синтезе трансурановых элементов. <i>Умеет</i> применять законы и методы атомной и ядерной физики при решении задач экспериментального и прикладного характера; выполнять физические измерения и оценивать получаемые результаты; с помощью дозиметрических приборов измерять уровень радиационного фона, определять степень его опасности и рассчитывать толщину экранов для защиты от радиоактивных излучений в лабораторных условиях; обосновать использование ускорителей для решения конкретных задач технической физики.</p>	Отчеты по лабораторным работам, контрольные вопросы к лабораторным работам	Качество подготовки допуска к лабораторной работе. Полнота и правильность устных ответов на дополнительные вопросы преподавателя о работе лабораторной установки. Правильность снятия измерений с соблюдением необходимых условий. Приведение уравнений, необходимых для расчетов. Правильность расчетов погрешности. Формулировка вывода к работе. Полнота и правильность ответов на контрольные вопросы к лабораторным работам.

		<p align="center">Повышенный (отл.)</p> <p><i>Знает</i> физические принципы работы современной технологической аппаратуры, применяемой в атомной и ядерной физике, их теоретическое и экспериментальное обоснование и границы их применимости; принципы работы ЭПР- и ЯМР-спектрометров; успехи современной физики в синтезе трансурановых элементов.</p> <p><i>Умеет</i> применять законы и методы атомной и ядерной физики при решении задач экспериментального и прикладного характера; выполнять физические измерения и оценивать получаемые результаты; обосновать использование ЭПР- и ЯМР-спектрометров, ускорителей, радиоактивных изотопов и трансурановых элементов для решения конкретных задач технической физики; с помощью дозиметрических приборов измерять уровень радиационного фона, определять степень его опасности и рассчитывать толщину экранов для защиты от радиоактивных излучений в лабораторных условиях; получать расчетные формулы для различных установок и систем.</p>		
2.	ОПК-4: способен самостоятельно проводить теоретические и экспериментальные исследования в избранной области технической физики, использовать основные приемы обработки и представления полученных данных, учитывать современные тенденции	<p align="center">Пороговый (удовл.)</p> <p><i>Знает</i> основные экспериментальные факты, лежащие в основе теории относительности и квантовой теории; основные положения квантовой теории; квантовые числа, характеризующие состояние электрона в атоме, принцип Паули, объяснение периодической системы Д.И. Менделеева; основные характеристики атомных ядер, виды радиоактивного распада, основной закон радиоактивного распада; способы получения ядерной энергии, физические</p>	Задачи домашних заданий, контрольных работ, отчеты по лабораторным работам, контрольные вопросы к лабораторным работам	Активность на практических занятиях. Правильность решений задач на практических задачах и в контрольных работах. Указание всех необходимых формул при решении контрольных работ. Демонстрация причинно-следственных связей при ответах на вопросы

	<p>развития технической физики в своей профессиональной деятельности</p>	<p>ские принципы действия ядерных реакторов; основные свойства элементарных частиц; основные механизмы взаимодействия ядерного излучения с веществом, дозиметрические единицы, нормы радиационной безопасности и методы защиты от ядерных излучений.</p> <p>Умеет применять законы физики атома, атомного ядра и элементарных частиц для решения конкретных научно-технических задач технической физики.</p> <p>Базовый (хор.)</p> <p>Знает фундаментальные разделы физики атома, атомного ядра и элементарных частиц; экспериментальные факты, лежащие в основе теории относительности и квантовой теории; основные положения квантовой теории; квантовые числа, характеризующие состояние электрона в атоме, принцип Паули, объяснение периодической системы Д.И. Менделеева; основные характеристики атомных ядер; основные свойства ядерных сил; виды радиоактивного распада, основной закон радиоактивного распада; основные закономерности процессов деления и синтеза ядер, способы получения ядерной энергии, физические принципы действия ядерных реакторов; типы взаимодействий и современную классификацию элементарных частиц, основные свойства элементарных частиц; основные механизмы взаимодействия ядерного излучения с веществом, дозиметрические единицы, нормы радиационной безопасности и методы защиты от ядерных излучений.</p> <p>Умеет применять законы физики атома, атомного ядра и</p>	<p>преподавателя. Правильность интерпретации физических законов.</p>
--	--	--	--

		<p>элементарных частиц для решения конкретных научно-технических задач, как в области технической физики, так и на междисциплинарных границах с другими областями знаний.</p> <p>Повышенный (отл.)</p> <p><i>Знает</i> фундаментальные разделы физики атома, атомного ядра и элементарных частиц; основные этапы развития современных атомистических и квантовых представлений, экспериментальные факты, лежащие в основе теории относительности и квантовой теории; основные положения квантовой теории; квантовые числа, характеризующие состояние электрона в атоме, принцип Паули, объяснение периодической системы Д.И. Менделеева; основные характеристики атомных ядер, основные свойства ядерных сил; виды радиоактивного распада, основной закон радиоактивного распада, теорию альфа-распада; основные виды ядерных реакций, теорию ядерных реакций; основные закономерности процессов деления и синтеза ядер, способы получения ядерной энергии, физические принципы действия ядерных реакторов; типы взаимодействий и современную классификацию элементарных частиц, 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.</p> <p><i>Умеет</i> применять законы физики атома, атомного ядра и элементарных частиц для решения конкретных научно-</p>		
--	--	--	--	--

		технических задач, как в области технической физики, так и на междисциплинарных границах с другими областями знаний; применять физические законы и расчетные формулы при решении конкретных задач, использовать различные разделы физики для решения комбинированных задач.		
--	--	---	--	--

7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

7.1. Основная литература:

1. 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: 13.05.2021). — Режим доступа: по подписке.

7.2/ Дополнительная литература:

1. Сивухин, Д.В. Общий курс физики: Учебное пособие / Сивухин Д.В. — Москва: ФИЗМАТЛИТ, 2008. — 784 с.: ISBN 978-5-9221-0645-0. — Текст : электронный. — URL: <https://znanium.com/catalog/product/944829> (дата обращения: 13.05.2021). — Режим доступа: по подписке/

2. Кузнецов С.И. Курс физики с примерами решения задач. Часть III. Геометрическая и волновая оптика. Элементы атомной и ядерной физики. Основы физики элементарных частиц [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Кузнецов С.И.— Электрон. текстовые данные. — Томск: Томский политехнический университет, 2015. — 302 с. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/34672.html> (дата обращения: 13.05.2021). — ЭБС «IPRbooks»/

3. 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. — (Высшее образование: Бакалавриат). — ISBN 978-5-16-010798-1. — Текст: электронный. — URL: <https://znanium.com/catalog/product/1062078> (дата обращения: 13.05.2021). — Режим доступа: по подписке.

7.3. Интернет-ресурсы:

—

7.4. Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы:

eLIBRARY – научная библиотека (г. Москва). – <http://elibrary.ru>

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

– Лицензионное ПО, в том числе отечественного производства:
платформа для электронного обучения Microsoft Teams.

9. Технические средства и материально-техническое обеспечение дисциплины

Для проведения лекций и практических занятий требуется мультимедийная учебная аудитория, оснащенная учебной мебелью, доской аудиторной, мультимедийным проекционным и акустическим оборудованием, персональным компьютером. На ПК должно

быть установлено офисное ПО: операционная система MS Windows, офисный пакет MS Office, платформа MS Teams, офисный пакет LibreOffice, антивирусное ПО Kaspersky, а также должно быть обеспечено проводное подключение ПК к локальной сети и сети Интернет.

Для проведения лабораторных занятий требуется учебная аудитория «Лаборатория оптики и атомной физики», оснащенная учебной мебелью, доской аудиторной 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 ЗЦ18П, мультиметр типа 830-В (2 шт.), источник питания Б5-78/1, источник питания Б3-706.1, источник питания DC POWER SUPPLY HY 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 «Счётчик Гейгера-Мюллера»: счётчик 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;

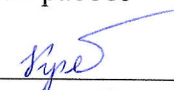
- лабораторная установка для выполнения лабораторной работы №6 «Эффект Зеемана»: экспериментальная установка ЛКР-1Р «для наблюдения эффекта Зеемана»;

- 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.

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«ТЮМЕНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

УТВЕРЖДАЮ
Заместитель директора
Физико-технического института по
учебной работе


С.А. Креков
« 23 » 06. 2021 г.

ЛИНЕЙНАЯ АЛГЕБРА И АНАЛИТИЧЕСКАЯ ГЕОМЕТРИЯ

Рабочая программа дисциплины
для обучающихся по направлению подготовки
16.03.01 Техническая физика
Профиль: Техническая физика в нефтегазовых технологиях
форма обучения: очная

Хомутова Е.И. Линейная алгебра и аналитическая геометрия. Рабочая программа дисциплины для обучающихся по направлению подготовки 16.03.01 Техническая физика, профиль: Техническая физика в нефтегазовых технологиях, формы обучения очная. Тюмень, 2021.

Рабочая программа дисциплины опубликована на сайте ТюмГУ:
<https://www.utmn.ru/sveden/education/#>.

1. Пояснительная записка

Целью учебного курса является усвоение основных разделов линейной алгебры и аналитической геометрии, создание базы для изучения других дисциплин.

Задачей является обучение студентов методам решения задач линейной алгебры и аналитической геометрии

1.1. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Данная дисциплина входит в блок Б1 Дисциплины (модули), обязательная часть.

Для ее успешного изучения необходимы знания, приобретенные в результате освоения предшествующих и осваиваемых параллельно дисциплин «Введение в математический анализ» и «Математический анализ».

1.2. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения данной дисциплины

Таблица 1

Код и наименование компетенции (из ФГОС ВО)	Код и наименование части компетенции	Планируемые результаты обучения (знаниевые/функциональные)
ОПК-2 способен применять методы математического анализа, моделирования, оптимизации и статистики для решения задач, возникающих в ходе профессиональной деятельности	–	<p>Знает теоретические основы и практические приложения разделов линейной алгебры: матрицы и определители, линейные пространства, системы линейных уравнений, евклидовы и унитарные пространства, линейные операторы, билинейные и квадратичные формы; основные понятия и определения аналитической геометрии, формулировки и доказательства теорем</p> <p>Умеет применять полученные знания для решения стандартных задач линейной алгебры и аналитической геометрии; применять полученные знания при решении прикладных задач, самостоятельно осваивать математические методы для использования их в работе и научных исследованиях</p>

2. Структура и объем дисциплины

Таблица 2

Вид учебной работы		Всего часов (академические часы)	Часов в семестре (академические часы)
			3 семестр
Общий объем	зач. ед.	4	4
	час	144	144
Из них:			
Часы контактной работы (всего):		70	70
Лекции		34	34
Практические занятия		34	34
Лабораторные / практические занятия по подгруппам		0	0
Консультации и иная контактная работа		2	2
Часы внеаудиторной работы, включая самостоятельную работу обучающегося		74	74
Вид промежуточной аттестации			Экзамен

3. Система оценивания

3.1. Если в течение семестра студент получил оценки "отлично" за две контрольные работы, то он получает оценку "отлично" без сдачи экзамена. Если за одну работу получена оценка "хорошо", а за другую "отлично", то студент может на выбор: получить оценку "хорошо" или сдать экзамен (без сохранения оценки).

4. Содержание дисциплины

4.1. Тематический план дисциплины

Таблица 3

№ п/п	Наименование тем и/или разделов	Объем дисциплины, час.				
		Всего	Виды аудиторной работы (академические часы)			Консультации и иная контактная работа
			Лекции	Практические занятия	Лабораторные/ практические занятия по подгруппам	
1	2	3	4	5	6	7
1.	Матрицы и определители. Алгебраические структуры на множествах. Линейные пространства. Системы линейных уравнений	32	10	10	0	0
2.	Векторная алгебра	24	6	6	0	0

3.	Системы координат. Простейшие задачи аналитической геометрии	18	4	6	0	0
4.	Преобразование координат на плоскости и в пространстве. Кривые и поверхности второго порядка	22	6	4	0	0
5.	Линейные образы	14	2	2	0	0
6.	Евклидовы и унитарные пространства	12	2	2	0	0
7.	Линейные операторы. Билинейные и квадратичные формы	20	4	4	0	0
8.	Экзамен	2	0	0	0	2
	Итого (часов)	144	34	34	0	2

4.2. Содержание дисциплины по темам

Тема 1. Матрицы и определители. Алгебраические структуры на множествах. Линейные пространства. Системы линейных уравнений: понятие матрицы; операции над матрицами и их свойства; блочные матрицы; матрицы Жордана; понятие определителя; миноры и алгебраические дополнения; вычисление определителя методом треугольников и разложением по строке (столбцу); свойства определителей; ранг матрицы, ее вычисление; обратная матрица; линейная зависимость строк (столбцов) матрицы; теорема о базисном миноре матрицы; алгебраические структуры на множествах: группы, кольца и поля; линейные пространства, их свойства; линейная зависимость элементов линейных пространств; базис и координаты; размерность линейного пространства; изоморфизм линейных пространств; подпространства и линейные оболочки; переход от одного базиса линейного пространства к другому; системы линейных алгебраических уравнений (СЛАУ), решение СЛАУ по правилу Крамера, матричным методом, методом Гаусса.

Тема 2. Векторная алгебра: понятие вектора; линейные операции над векторами; линейная зависимость векторов; понятие базиса; разложение вектора по базисным векторам; модуль вектора; проекция вектора на ось, ее свойства; действия над векторами, заданными своими координатами; направляющие косинусы; скалярное произведение векторов, его механический смысл; геометрические и алгебраические свойства скалярного произведения; выражение скалярного произведения в декартовых координатах; угол между двумя векторами; векторное произведение векторов, его физический смысл; геометрические и алгебраические свойства векторного произведения; выражение векторного произведения через координаты перемножаемых векторов; смешанное произведение векторов, его геометрический смысл; выражение смешанного произведения в декартовых координатах; условия коллинеарности и компланарности векторов; двойное векторное произведение векторов.

Тема 3. Системы координат. Простейшие задачи аналитической геометрии: декартовы координаты на плоскости и в пространстве; направленный отрезок, проекция его на ось; расстояние между двумя точками; деление отрезка в данном отношении. Координаты центра тяжести системы материальных точек; барицентрические координаты; полярные, цилиндрические и сферические координаты.

Тема 4. Преобразование координат на плоскости и в пространстве. Кривые и поверхности второго порядка: преобразования координат на плоскости; преобразование координат в пространстве; декартовы координаты на плоскости и в пространстве; направленный отрезок, проекция его на ось; расстояние между двумя точками; деление отрезка в данном отношении. Координаты центра тяжести системы материальных точек; барицентрические координаты; полярные, цилиндрические и сферические координаты; эллипс, гипербола и парабола как конические сечения; канонические уравнения эллипса, гиперболы и параболы; исследование формы кривых второго порядка; директрисы и эксцентриситет эллипса и гиперболы; полярные уравнения; касательные к эллипсу, гиперболе и параболе; оптические свойства эллипса, гиперболы и параболы; эллипсоид, гиперболоиды, параболоиды, конус и цилиндры второго порядка, их канонические уравнения; исследование формы поверхностей второго порядка по их каноническим уравнениям; прямолинейные образующие поверхностей второго порядка.

Тема 5. Линейные образы: линия на плоскости как геометрическое место точек, координаты которых удовлетворяют определенному соотношению; параметрические уравнения линий на плоскости; уравнение окружности и циклоиды; алгебраические и трансцендентные линии на плоскости; два типа задач, связанных с аналитическим представлением линии; общее уравнение прямой; неполные уравнения прямой; уравнение прямой в отрезках; каноническое уравнение прямой; параметрические уравнения прямой; прямая с угловым коэффициентом; угол между двумя прямыми; условия параллельности и перпендикулярности двух прямых; нормальное уравнение прямой; отклонение точки от прямой; пучок прямых, его уравнение; условие пересечения трех прямых в одной точке; уравнение поверхности и уравнения линии в пространстве; общее уравнение плоскости; неполные уравнения плоскости; уравнение плоскости в отрезках; угол между двумя плоскостями; условия параллельности и перпендикулярности плоскостей; уравнение плоскости, проходящей через три различные точки, не лежащие на одной прямой; нормальное уравнение плоскости; отклонение точки от плоскости; нахождение биссектральных плоскостей двугранного угла, образованного двумя данными плоскостями; пучки и связки плоскостей; прямая линия в пространстве; канонические и общие уравнения прямой; приведение общих уравнений прямой к каноническому виду; уравнения прямой, проходящей через две различные точки; параметрические уравнения прямой в пространстве; угол между прямыми в пространстве; условия параллельности и перпендикулярности прямых; связка прямых; прямая линия и плоскость в пространстве; условие принадлежности двух прямых к одной плоскости; угол между прямой и плоскостью; условия параллельности и перпендикулярности прямой и плоскости; условия принадлежности прямой к плоскости.

Тема 6. Евклидовы и унитарные: унитарные пространства; неравенство Коши-Буняковского; понятие нормы; ортонормированный базис, его свойства; евклидово пространство, его свойства; ортонормированный базис конечномерного евклидова пространства, его существование; процесс ортогонализации линейно независимых элементов; изоморфизм n -мерных евклидовых пространств.

Тема 7. Линейные операторы. Билинейные и квадратичные формы: определение линейного оператора; действия над линейными операторами; пространство линейных операторов; основные свойства; обратный оператор; ядро и образ линейного оператора; необходимое и достаточное условие существования обратного оператора; ранг линейного оператора; матричная запись линейного оператора; преобразование матрицы линейного оператора при переходе к новому базису; собственные значения и собственные

векторы линейного оператора; линейные и полуторалинейные формы в евклидовом пространстве; сопряженные и самосопряженные операторы; основные свойства; норма линейного оператора; Эрмитовы формы; унитарные и нормальные операторы; канонический вид линейных операторов; билинейные формы, их матричное представление; преобразование матрицы билинейной формы при переходе к новому базису; ранг билинейной формы; квадратичные формы, их матричное представление; приведение квадратичной формы к каноническому виду; метод Лагранжа; метод Якоби; закон инерции квадратичных форм; критерий Сильвестра знакоопределенности квадратичной формы; полилинейные формы; билинейные и квадратичные формы в евклидовом пространстве.

5. Учебно-методическое обеспечение и планирование самостоятельной работы обучающихся

Таблица 4

№ темы	Темы	Формы СРС, включая требования к подготовке к занятиям
1.	Матрицы и определители. Алгебраические структуры на множествах. Линейные пространства. Системы линейных уравнений	Чтение основной и дополнительной литературы, проработка лекций
2.	Векторная алгебра	Чтение основной и дополнительной литературы, проработка лекций
3.	Системы координат. Простейшие задачи аналитической геометрии	Чтение основной и дополнительной литературы, проработка лекций
4.	Преобразование координат на плоскости и в пространстве. Кривые и поверхности второго порядка	Чтение основной и дополнительной литературы, проработка лекций
5.	Линейные образы	Чтение основной и дополнительной литературы, проработка лекций
6.	Евклидовы и унитарные пространства	Чтение основной и дополнительной литературы, проработка лекций
7.	Линейные операторы. Билинейные и квадратичные формы	Чтение основной и дополнительной литературы, проработка лекций

6. Промежуточная аттестация по дисциплине

6.1. Оценочные материалы для проведения промежуточной аттестации по дисциплине

Экзамен проходит в виде собеседования по вопросам билета. Билет состоит из двух вопросов и задачи. Один вопрос относится к разделу «Линейная алгебра», второй — «Аналитическая геометрия». Ответ на каждый вопрос и решение задачи оценивается по пятибалльной системе. Результирующая оценка рассчитывается как среднее арифметическое полученных оценок.

Примерные вопросы для подготовки к экзамену

Линейная алгебра

1. Матрицы, операции над ними. Ранг матрицы, ее вычисление. Примеры.
2. Определитель матрицы. Миноры и алгебраические дополнения. Вычисление определителей методом треугольников и разложением по строке (столбцу).
3. Определитель матрицы, его свойства. Примеры.
4. Обратная матрица, ее вычисление. Примеры.

5. Понятие линейной зависимости строк (столбцов) матрицы. Теорема о базисном миноре.
6. Алгебраические структуры на множествах: группы, кольца и поля. Примеры.
7. Линейные пространства, их свойства. Примеры.
8. Базис и размерность линейного пространства. Примеры.
9. Изоморфизм линейных пространств. Подпространства и линейная оболочка. Примеры.
10. Линейные пространства. Переход от одного базиса к другому. Примеры.
11. Системы линейных алгебраических уравнений, основные понятия и определения. Матричная запись. Условие совместности системы.
12. Системы линейных неоднородных уравнений, методы их решений. Правило Крамера. Примеры.
13. Системы линейных неоднородных уравнений, методы их решений. Матричный метод. Примеры.
14. Системы m линейных алгебраических уравнений с n переменными, отыскание их решений. Примеры.
15. Системы линейных неоднородных уравнений, методы их решений. Метод Гаусса. Примеры.
16. Системы однородных линейных уравнений, отыскание их решений. Примеры.
17. Евклидово пространство, его свойства. Примеры.
18. Ортонормированный базис конечномерного евклидова пространства. Примеры.
19. Унитарные пространства. Примеры.
20. Линейные операторы, основные свойства. Примеры.
21. Ядро и образ линейного оператора. Необходимое и достаточное условие существования обратного оператора. Примеры.
22. Линейные операторы, их матричная запись. Преобразование матрицы линейного оператора при переходе к новому базису. Примеры.
23. Собственные значения и собственные векторы линейных операторов. Примеры.
24. Сопряженные и самосопряженные операторы. Основные свойства. Примеры.
25. Унитарные и нормальные операторы. Примеры.
26. Канонический вид линейных операторов. Примеры.
27. Билинейные формы, их матричное представление. Преобразование матрицы билинейной формы при переходе к новому базису. Ранг билинейной формы. Примеры.
28. Квадратичные формы, их матричное представление. Приведение квадратичной формы к каноническому виду (метод Лагранжа). Примеры.
29. Закон инерции квадратичных форм. Примеры.
30. Критерий Сильвестра знакоопределенности квадратичной формы. Примеры.
31. Билинейные и квадратичные формы в евклидовом пространстве. Примеры.

Аналитическая геометрия

1. Системы координат на плоскости: аффинные, декартовы и полярные системы координат, их связь. Примеры.
2. Системы координат в пространстве: аффинные, цилиндрические и сферические системы координат, их связь. Примеры.
3. Простейшие задачи аналитической геометрии: расстояние между точками, деление отрезка в заданном отношении, координаты центра тяжести системы материальных точек. Примеры.
4. Понятие вектора. Линейные операции над векторами. Примеры.
5. Понятие линейной зависимости и линейной независимости векторов. Теоремы о линейной зависимости векторов.
6. Базис. Разложение вектора по базисным векторам. Примеры.

7. Вектор, его модуль. Проекция вектора на ось, ее свойства. Действия над векторами, заданными своими координатами. Направляющие косинусы.
8. Скалярное произведение векторов, его механический смысл. Геометрические и алгебраические свойства скалярного произведения. Примеры.
9. Скалярное произведение векторов, его выражение в декартовых координатах. Угол между двумя векторами.
10. Векторное произведение векторов, его физический смысл. Геометрические и алгебраические свойства векторного произведения. Примеры.
11. Векторное произведение векторов. Выражение векторного произведения через координаты перемножаемых векторов.
12. Смешанное произведение векторов, его геометрический смысл. Выражение смешанного произведения в декартовых координатах.
13. Вектор. Условия коллинеарности и компланарности векторов. Примеры.
14. Двойное векторное произведение, формула для его вычисления. Примеры.
15. Преобразование координат на плоскости при переходе от одной декартовой системы координат к другой. Примеры.
16. Преобразование координат в пространстве при переходе от одной декартовой системы координат к другой. Углы Эйлера. Примеры.
17. Прямая линия на плоскости и её уравнения. Общее и каноническое уравнение прямой. Примеры.
18. Уравнение прямой с угловым коэффициентом. Условия параллельности и перпендикулярности двух прямых. Примеры.
19. Нормальное уравнение прямой. Отклонение точки от прямой. Примеры.
20. Пучок прямых, его уравнение. Условие пересечения трех прямых в одной точке.
21. Общее уравнение плоскости в пространстве. Уравнение плоскости в отрезках. Примеры.
22. Неполные уравнения плоскости, расположение плоскости в пространстве. Примеры.
23. Плоскость в пространстве. Угол между двумя плоскостями. Условия параллельности и перпендикулярности плоскостей.
24. Нормальное уравнение плоскости. Отклонение точки от плоскости. Примеры.
25. Пучки и связки плоскостей, их уравнения. Примеры.
26. Прямая линия в пространстве, ее канонические и общие уравнения. Приведение общих уравнений прямой к каноническому виду. Примеры.
27. Прямая линия в пространстве. Угол между прямыми в пространстве. Условия параллельности и перпендикулярности прямых.
28. Прямая линия и плоскость в пространстве. Условие принадлежности двух прямых к одной плоскости. Примеры.
29. Прямая линия и плоскость в пространстве. Угол между прямой и плоскостью. Условия параллельности и перпендикулярности прямой и плоскости.
30. Эллипс, его каноническое уравнение (вывод). Исследование формы эллипса. Примеры.
31. Гипербола, ее каноническое уравнение (вывод). Исследование формы гиперболы. Примеры.
32. Парабола, ее каноническое уравнение (вывод). Исследование формы параболы. Примеры.
33. Директрисы и эксцентриситет эллипса и гиперболы. Примеры.
34. Полярные уравнения эллипса, гиперболы и параболы. Примеры.
35. Касательные к эллипсу, гиперболе и параболе. Примеры.
36. Поверхности второго порядка, их канонические уравнения. Эллипсоид, исследование его формы. Примеры.

37. Поверхности второго порядка, их канонические уравнения. Гиперболоиды, исследование их форм. Примеры.

38. Поверхности второго порядка, их канонические уравнения. Параболоиды, исследование их форм. Примеры.

39. Поверхности второго порядка, их канонические уравнения. Конус и цилиндры второго порядка, исследование их форм. Примеры.

Примерные задания для подготовки к экзамену и контрольным работам

1. Даны матрицы

$$A = \begin{pmatrix} 4 & -3 & -2 \\ 5 & -1 & 2 \end{pmatrix}, \quad B = \begin{pmatrix} 3 & -3 & 5 & 7 \\ 4 & -3 & 1 & 7 \\ -3 & 2 & 2 & 6 \end{pmatrix},$$

$$C = \begin{pmatrix} 12 & 8 & -1 & 5 \\ 3 & 0 & 3 & 2 \end{pmatrix}$$

Найти $AB-3C$.

2. Даны матрицы

$$A = \begin{pmatrix} 2 & 3 & -1 & 8 \end{pmatrix}, \quad B = \begin{pmatrix} 1 & 1 & 3 & 2 & -7 & 0 & 5 & -3 \end{pmatrix}, \quad C = \begin{pmatrix} 3 & 8 \end{pmatrix}.$$

Найти $6A^T + 7BC$.

3. Решить уравнение

$$x \begin{pmatrix} 1 & -1 & 3 & x-1 & 2 & 1 & -2 & x+3 \end{pmatrix} = 0.$$

4. Найти $\det(ABC) + \det C$, если $\det B = -4$,

$$A = \begin{pmatrix} 1 & -1 & 4 & 0 & 1 & 7 & -3 & 2 & -1 \end{pmatrix}, \quad C = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 4 & -3 & 1 & -2 & 1 & -5 & 1 \end{pmatrix}.$$

5. Определить, при каких значениях λ существует матрица, обратная данной

$$\begin{pmatrix} 1 & 1 & -1 & 2 & 0 & 0 & 3 \end{pmatrix}.$$

6. Даны матрицы

$$A = \begin{pmatrix} 2 & 1 & 0 & 0 & -1 & 0 & 1 & 1 & 0 & -1 & 2 & 1 & 3 & 2 & -1 & 0 \end{pmatrix}, \quad B = \begin{pmatrix} 1 & 1 & 0 & 4 & 0 & 0 & 3 & 5 & -1 & 1 & 0 & 7 & 2 & 0 & 3 & 1 \end{pmatrix},$$

$$C = \begin{pmatrix} 2 & -1 & 0 & 1 & 7 & 0 & 0 & 4 & 0 & 5 & 1 & -1 & 1 & 1 & 1 & 3 \end{pmatrix}.$$

Найти $5A \cdot B - 2C$.

7. Решить матричное уравнение

$$\begin{pmatrix} 1 & 1 & 2 & -1 & 0 & 3 & 0 & 2 & 5 \end{pmatrix} X = \begin{pmatrix} 0 & 1 & -2 & -1 & 1 & 2 & 0 & 3 & 1 \end{pmatrix}$$

8. Вычислить ранг матрицы

$$A = \begin{pmatrix} 5 & 0 & 3 & -1 \\ 1 & -2 & 2 & -3 \\ 3 & -1 & 5 & -4 \\ 5 & -2 & 3 & -5 \end{pmatrix}$$

9. Решить системы уравнений

$$1). \begin{cases} 3x_1 + 4x_2 + x_3 + 3x_4 = -1 \\ x_1 + 2x_2 + 3x_3 + 7x_4 = 0 \\ x_1 + 3x_2 + 9x_3 + 7x_4 = 8 \\ -2x_1 + x_2 + x_3 + 5x_4 = 3 \end{cases} \quad 2). \begin{cases} x_1 + 2x_2 + 4x_3 - 3x_4 = 0 \\ 3x_1 + 5x_2 + 6x_3 - 4x_4 = 0 \\ 4x_1 + 5x_2 - 2x_3 + 3x_4 = 0 \\ 3x_1 + 8x_2 + 24x_3 - 19x_4 = 0 \end{cases}$$

10. Найти собственные значения и собственные векторы линейного преобразования, заданного в некотором базисе матрицей

$$1). A = \begin{pmatrix} 1 & -3 & 4 & 4 \\ -7 & 8 & 6 & -7 \\ 7 & 4 & 9 & 0 \\ 5 & 0 & 0 & 5 \end{pmatrix} \quad 2). A = \begin{pmatrix} 4 & -5 & 7 & 1 \\ -4 & 9 & -4 & 0 \\ 0 & 5 & 0 & 5 \end{pmatrix}$$

11. Найти канонический вид квадратичной формы в области вещественных чисел

$$x_1^2 + x_2^2 + 3x_3^2 + 4x_1x_2 + 2x_1x_3 + 2x_2x_3$$

12. Найти значение параметра λ , при котором положительно определена квадратичная форма $x_1^2 + x_2^2 + 5x_3^2 + 2\lambda x_1x_2 - 2x_1x_3 + 4x_2x_3$

13. Из векторов: $a = \{-1, -3, 5\}$, $b = \{-3, 8, 2\}$, $c = \{2, 5, 1\}$ и $d = \{0, 5, -2\}$ выделить аффинный базис и разложить по этому базису вектор $\gamma = \{-1, -3, 5\}$.

14. Найти двойное векторное произведение векторов $[[a \ b]c]$, где $a = \{-2, 3, 5\}$, $b = \{-3, 5, 2\}$, $c = \{1, 6, -1\}$ и определить длину полученного вектора.

15. Найти углы между векторами: $a = \{0, -2, 5\}$ и $b = \{-3, 4, -2\}$.

16. Найти векторное произведение векторов $a = \{-3, -7, 5\}$ и $b = \{3, 4, 2\}$ и вычислить площадь параллелограмма, построенного на векторах-сомножителях.

17. Найти смешанное произведение векторов $a = \{9, 3, -5\}$, $b = \{-3, 9, -2\}$ и $c = \{1, 3, 9\}$ и определить объем параллелепипеда, построенного на этих векторах.

18. Через точку $P(4; -3, 6)$ проведены две плоскости, одна из них содержит ось O_x , другая – ось O_y . Вычислить косинус угла между этими плоскостями.

19. Составить уравнение проекции прямой $x - 5y + z - 6 = 0$, $2x - 3y + 4z + 1 = 0$ на плоскость $x - 2y + 3 = 0$.

20. Даны вершины треугольника $A(-1; 0; -4)$, $B(4; -3; 1)$, $C(2; 4; 5)$. Составить параметрические уравнения: 1) серединных перпендикуляров сторон треугольника; 2) медиан треугольника; 3) высот треугольника.

21. Составить канонические уравнения прямой, проходящей через точку $P(-2; -1; 3)$ и параллельно прямой $x + 1 = 0$, $y - 3z = 0$.

22. Найти косинус угла между прямыми: $\frac{x}{1} = \frac{y-1}{-3} = \frac{z+5}{2}$ и $6x - y + 1 = 0$, $x - 22z - 3 = 0$.

23. Вычислить расстояние между прямыми: 1) $x - y + 3 = 0$, $y - z + 5 = 0$ и $\frac{x}{1} = \frac{y-1}{-5} = \frac{z+2}{-2}$ 2) $x = 1 - 4t$, $y = 2t$, $z = -1 + t$ и $\frac{x-1}{1} = \frac{y}{2} = \frac{z+1}{1}$.

24. Составить уравнение плоскости, проходящей через точку $P(-2; -3; 1)$ и прямую $x = -1 - z$, $y - 3z = 0$.

25. Убедившись, что точка $M(2; 3)$ лежит на эллипсе $\frac{x^2}{16} + \frac{y^2}{12} = 1$, определить фокальные радиусы точки M .

26. Определить точки эллипса $\frac{x^2}{20} + \frac{y^2}{4} = 1$ расстояние которых до правого фокуса равно $\frac{14}{\sqrt{5}}$.

27. Эксцентриситет эллипса $e = \frac{2}{3}$, расстояние от точки M эллипса до директрисы равно 15. Вычислить расстояние от точки M до фокуса, одностороннего с этой директрисой.

28. Дана точка $M(5\frac{3}{2}; 5)$ на гиперболе $\frac{x^2}{16} - \frac{y^2}{20} = 1$. Составить уравнения прямых, на которых лежат фокальные радиусы точки M .

29. Эксцентриситет гиперболы $e = 3$, фокальный радиус ее точки M , проведенный из некоторого фокуса, равен 15. Вычислить расстояние от точки M до односторонней с этим фокусом директрисы.

30. Составить уравнение гиперболы, фокусы которой лежат в вершинах эллипса $\frac{x^2}{25} + \frac{y^2}{9} = 1$, а директрисы проходят через фокусы этого эллипса.

31. Составить уравнение прямой, которая касается параболы $x^2 = -2y$ и перпендикулярна к прямой $3x - 6y + 7 = 0$.

6.2. Критерии оценивания компетенций

Таблица 5

Карта критериев оценивания компетенций

№ п/п	Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенций, соотнесенные с планируемыми результатами обучения	Оценочные материалы	Критерии оценивания
1	ОПК-2: способен применять методы математического анализа, моделирования, оптимизации и статистики для решения задач, возникающих в ходе профессиональной деятельности	<p>Пороговый уровень освоения ОП (удовл.): <i>Знает:</i> систематически математические методы решения профессиональных задач, основные приемы обработки экспериментальных данных. <i>Умеет:</i> фрагментарно применять методы математического анализа при решении инженерных задач.</p> <p>Базовый уровень (хор.): <i>Знает:</i> в целом успешно, но с отдельными пробелами ма-</p>	Контрольная работа, экзамен	Текущий и промежуточный контроль освоения и усвоения материала дисциплины осуществляется в рамках традиционной (5-балльной) систем оценок. Оценка выполнения студентом контрольной работы зависит от числа правильно

		<p>тематические методы решения профессиональных задач, основные приемы обработки экспериментальных данных.</p> <p>Умеет: в целом успешное, но с отдельными пробелами применять методы математического анализа при решении инженерных задач; использовать навыки аналитического и численного решения.</p> <p>Повышенный уровень (отл.):</p> <p>Знает: основные понятия и определения линейной алгебры аналитической геометрии, формулировки и доказательства теорем.</p> <p>Умеет: решать прикладные задачи, самостоятельно осваивать математические методы для использования их в работе.</p>	<p>выполненных заданий.</p> <p>Экзаменационная оценка студента в рамках традиционной системы оценок выставляется на основе ответа студентом на теоретические вопросы и решения задач и/или тестовых заданий. Эта оценка характеризует уровень знаний, приобретенных студентом в ходе изучения дисциплины.</p>
--	--	---	---

7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

7.1. Основная литература:

1. Остыловский, А.Н. Аналитическая геометрия [Электронный ресурс]: учеб. пособие / А.Н. Остыловский. — Красноярск: Сиб. федер. ун-т, 2011. — 92 с. — ISBN 978-5-7638-2196-3. — Текст: электронный. — URL: <https://znanium.com/catalog/product/443221> (дата обращения: 20.05.2021). — Режим доступа: по подписке.
2. Шипачев, В.С. Высшая математика: учебник / В.С. Шипачев. — Москва: ИНФРА-М, 2021. — 479 с. — (Высшее образование). — DOI 10.12737/5394. — ISBN 978-5-16-010072-2. — Текст: электронный. — URL: <https://znanium.com/catalog/product/1185673> (дата обращения: 21.05.2021). — Режим доступа: по подписке.

7.2. Дополнительная литература:

1. Бортаковский, А.С. Аналитическая геометрия в примерах и задачах: учебное пособие / А.С. Бортаковский, А.В. Пантелеев. — 2-е изд., стер. — Москва: ИНФРА-М, 2020. — 496 с. — (Высшее образование: Бакалавриат). — ISBN 978-5-16-011202-2. — Текст: электронный. — URL: <https://znanium.com/catalog/product/1069929> (дата обращения: 19.05.2021). — Режим доступа: по подписке.
2. Бортаковский, А.С. Линейная алгебра и аналитическая геометрия. Практикум: учеб. пособие / А.С. Бортаковский, А.В. Пантелеев. — 2-е изд., стереотип. — М.: ИНФРА-М, 2019. — 352 с. — (Высшее образование: Бакалавриат). — ISBN 978-5-16-010206-1. — Текст: электронный. — URL: <https://znanium.com/catalog/product/1014764> (дата обращения: 20.05.2020). — Режим доступа: по подписке.

7.3. Интернет-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>.

7.4. Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы:

1. Межвузовская электронная библиотека (МЭБ). URL: <https://icdlib.nspu.ru/>.
2. Национальная электронная библиотека. URL: <https://rusneb.ru/>.

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

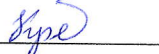
- Лицензионное ПО, в том числе отечественного производства:
платформа для электронного обучения Microsoft Teams.

9. Технические средства и материально-техническое обеспечение дисциплины

Аудитория с доской и мультимедийным оборудованием для лекционных и практических занятий.

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«ТЮМЕНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

УТВЕРЖДАЮ
Заместитель директора
Физико-технического института
по учебной работе


_____ С.А. Креков
« 23 » _____ 06. _____ 2021 г.

МАТЕМАТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ

Рабочая программа дисциплины
для обучающихся по направлению подготовки
16.03.01 Техническая физика
Профиль: Техническая физика в нефтегазовых технологиях
форма обучения: очная

Бугакова Н.Н. Математический анализ. Рабочая программа дисциплины для обучающихся по направлению подготовки 16.03.01 Техническая физика, профиль: Техническая физика в нефтегазовых технологиях, форма обучения очная. Тюмень, 2021.

Рабочая программа дисциплины опубликована на сайте ТюмГУ:
<https://www.utmn.ru/sveden/education/#>.

1. Пояснительная записка

Цель учебного курса — формирование математической культуры студента; овладение теоретическими знаниями и практическими навыками решения задач в объеме, необходимом для изучения других дисциплин учебного плана направления «Техническая физика».

Задачи:

- знакомство обучающихся с основами математического анализа, необходимыми для изучения большинства последующих дисциплин, связанных с использованием интегрального исчисления и теории рядов;
- подготовка обучающихся к чтению научных текстов, содержащих результаты применения математического анализа;
- обучение математическому подходу к анализу прикладных задач, а также математическим методам исследования и решения таких задач.

1.1. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Данная дисциплина входит в блок Б1 Дисциплины (модули), обязательная часть.

Для освоения данной дисциплины необходимы знания и умения, приобретенные или приобретаемые параллельно обучающимися при освоении дисциплин «Введение в математический анализ», «Линейная алгебра и аналитическая геометрия», а также полученные при изучении математических дисциплин в средней школе.

Дисциплина «Математический анализ» способствует освоению следующих дисциплин: «Высшая математика», «Вариационное исчисление», «Теоретическая и прикладная механика».

1.2. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения данной дисциплины

Таблица 1

Код и наименование компетенции (из ФГОС ВО)	Код и наименование части компетенции	Планируемые результаты обучения (знаниевые/функциональные)
ОПК-2: способен применять методы математического анализа, моделирования, оптимизации и статистики для решения задач, возникающих в ходе профессиональной деятельности	-	<p>Знает</p> <ul style="list-style-type: none"> • основные обозначения, используемые для записи результатов применения математического анализа; • формулировки основных понятий и утверждений из классических разделов математического анализа (теория рядов, интегральное исчисление); • области возможного применения основных определений и утверждений математического анализа.
		<p>Умеет</p> <ul style="list-style-type: none"> • применять различные методы вычисления собственных и несобственных интегралов функций одной и нескольких переменных; • использовать различные системы координат для упрощения вычислений интегралов; • применять основные результаты из теории рядов: вычислять суммы числовых и функциональных рядов, определять области их сходимости, раскладывать функции в степенные ряды и ряды Фурье; • читать и записывать результаты данного анализа.

2. Структура и объем дисциплины

Вид учебной работы	Всего часов (академические часы)	Часов в семестре (академические часы)	
		2 семестр	3 семестр
Общий объем	10	5	5
зач. ед. час	360	180	180
Из них:			
Часы контактной работы (всего):	176	88	88
Лекции	68	34	34
Практические занятия	104	52	52
Лабораторные / практические занятия по подгруппам	0	0	0
Консультации и иная контактная работа	4	2	2
Часы внеаудиторной работы, включая самостоятельную работу обучающегося	184	92	92
Вид промежуточной аттестации		Экзамен	Экзамен

3. Система оценивания

3.1. Для текущего контроля применяется 100-балльная система оценивания.

Баллы проставляются за активную работу на практических занятиях, а также за выполненные контрольные работы по каждой теме дисциплины.

Результаты текущего контроля учитываются при промежуточной аттестации. Если в течение семестра студент набрал более 60 баллов, то он имеет право получить следующие оценки без сдачи экзамена: от 61 до 75 баллов — оценку "удовлетворительно", от 76 до 90 баллов — "хорошо", от 91 до 100 баллов — "отлично". Если студент желает сдать экзамен при условии, что он набрал более 61 балла, то он сдает его на общих условиях.

4. Содержание дисциплины

4.1. Тематический план дисциплины

Таблица 2

№ п/п	Наименование тем и/или разделов	Объем дисциплины, час.				
		Всего	Виды аудиторной работы (академические часы)			Консультации и иная контактная работа
			Лекции	Практические занятия	Лабораторные/практические занятия по подгруппам	
1	2	3	4	5	6	7
Второй семестр						
1.	Неопределенный интеграл и его свойства	36	8	12	0	0
2.	Определенный интеграл и его свойства	20	4	6	0	0

3.	Несобственные интегралы	15	3	4	0	0
4.	Приложения определенных интегралов	17	3	6	0	0
5.	Двойной интеграл. Приложения двойного интеграла	13	2	3	0	0
6.	Тройной интеграл. Приложения тройного интеграла	13	2	3	0	0
7.	Кратные интегралы и их свойства	12	2	2	0	0
8.	Криволинейные интегралы, их физический и геометрический смысл	22	4	6	0	0
9.	Поверхностные интегралы и их свойства	22	4	6	0	0
10.	Приложение математического анализа в теории поля	8	2	4	0	0
	Экзамен	2	0	0	0	2
	Итого за второй семестр	180	34	52	0	2
Третий семестр						
11.	Интегралы, зависящие от параметра	40	8	12	0	0
12.	Числовые ряды	22	4	6	0	0
13.	Функциональные ряды	22	4	6	0	0
14.	Степенные ряды	22	4	6	0	0
15.	Ряды Фурье	40	8	12	0	0
16.	Интеграл Фурье и преобразование Фурье	32	6	10	0	0
	Экзамен	2	0	0	0	2
	Итого за третий семестр	180	34	52	0	2
	Итого (часов)	360	68	104	0	4

4.2. Содержание дисциплины по темам

Тема 1. Неопределенный интеграл и его свойства.

Интегрирование функции одной переменной: первообразная, неопределённый интеграл и его свойства, табличные интегралы, не берущиеся интегралы. Основные методы интегрирования (непосредственное интегрирование, замена переменной, интегрирование по частям). Интегрирование рациональных функций (целые функции, простейшие правильные и неправильные дроби, разложение подынтегральной функции на простейшие дроби). Интегрирование иррациональных функций (простейшие иррациональности, биномиальный дифференциал, подстановки Эйлера, тригонометрические и гиперболические подстановки), интегрирование тригонометрических функций (формулы приведения).

Тема 2. Определенный интеграл и его свойства.

Определение и условия существования определенного интеграла. Свойства определенных интегралов. Вычисление и преобразование определенных интегралов. Некоторые приложения определенных интегралов.

Тема 3. Несобственные интегралы.

Несобственные интегралы с бесконечными пределами и от неограниченных функций, Свойства и преобразования несобственных интегралов.

Тема 4. Приложения определенных интегралов.

Длина кривой, площади и объемы. Вычисление физических и механических величин.

Тема 5. Двойной интеграл. Приложения двойного интеграла.

Кратные интегралы (основные понятия, определения и примеры), геометрическая интерпретация двойного интеграла. Двойной интеграл и его свойства, сведение двойного интеграла к повторному. Замена переменной в двойном интеграле. Приложения двойных интегралов.

Тема 6. Тройной интеграл. Приложения тройного интеграла.

Кратные интегралы (основные понятия, определения и примеры), геометрическая интерпретация тройного интеграла. Тройной интеграл и его свойства, сведение тройного интеграла к повторному. Замена переменной в тройном интеграле. Приложения тройных интегралов.

Тема 7. Кратные интегралы и их свойства.

Кратные интегралы (основные понятия и утверждения). Формулы и способы вычисления кратных интегралов.

Тема 8. Криволинейные интегралы, их физический и геометрический смысл.

Криволинейные интегралы первого и второго рода, их свойства. Геометрический и физический смыслы криволинейных интегралов. Вычисление криволинейных интегралов. Контурные интегралы. Формула Грина. Интегрирование полных дифференциалов.

Тема 9. Поверхностные интегралы и их свойства.

Поверхностные интегралы первого и второго рода, их свойства. Вычисление поверхностных интегралов. Односторонние и двухсторонние поверхности. Формулы Остроградского и Стокса. Приложение поверхностных интегралов.

Тема 10. Приложение математического анализа в теории поля.

Приложение дифференциального исчисления и интегрального исчисления в векторном анализе. Криволинейные системы координат.

Тема 11. Интегралы, зависящие от параметра.

Интегралы, зависящие от параметра. Собственные интегралы, зависящие от параметра. Непрерывность по параметру, дифференцируемость и интегрируемость под знаком интеграла по параметру. Несобственные интегралы, зависящие от параметра. Сходимость

несобственных параметров по параметру, дифференцируемость и интегрируемость несобственных интегралов по параметру. Эйлеровы интегралы первого и второго рода.

Тема 12. Числовые ряды.

Основные понятия и утверждения о бесконечных рядах с постоянными членами. Вычисление суммы числового ряда. Признаки сходимости числовых рядов. Знакопередающиеся и знакопеременные ряды, их свойства. Операции над рядами. Условно сходящиеся ряды, их свойства.

Тема 13. Функциональные ряды.

Основные понятия и утверждения о функциональных рядах. Равномерная сходимость последовательностей и рядов, свойства сходящихся рядов. Критерии сходимости функциональных рядов. Применение операций дифференцирования и интегрирования для вычисления функциональных рядов.

Тема 14. Степенные ряды.

Основные понятия и утверждения о степенных рядах. Радиус и область сходимости степенных рядов. Степенные ряды Тейлора и Маклорена. Разложение элементарных функций в степенные ряды в области их сходимости. Вычисление суммы некоторых степенных рядов, решение с их помощью уравнений.

Тема 15. Ряды Фурье.

Тригонометрический ряд и его основные свойства. Теоремы о разложении функции в тригонометрический ряд. Определение ряда Фурье. Разложения функций в ряды Фурье, связанные с ними теоремы. Сходимости рядов Фурье. Понятие о среднем квадратичном отклонении тригонометрического многочлена от заданной функции. Равенство Парсеваля, теорема единственности. Понятие сигнала. Приложения рядов Фурье к анализу сигналов.

Тема 16. Интеграл Фурье и преобразование Фурье.

Основные понятия, определения и примеры. Применение интегрального преобразования Фурье. Преобразование Фурье для различных сигналов.

Планы практических занятий

Тема 1. Неопределенный интеграл и его свойства.

Интегрирование функции одной переменной: первообразная, неопределённый интеграл и его свойства, табличные интегралы, неберущиеся интегралы. Основные методы интегрирования (непосредственное интегрирование, замена переменной, интегрирование по частям). Интегрирование рациональных функций (целые функции, простейшие правильные и неправильные дроби, разложение подынтегральной функции на простейшие дроби). Интегрирование иррациональных функций (простейшие иррациональности, биномиальный дифференциал, подстановки Эйлера, тригонометрические и гиперболические подстановки), интегрирование тригонометрических функций (формулы приведения).

Тема 2. Определенный интеграл и его свойства.

Определение и условия существования определенного интеграла. Свойства определенных интегралов. Вычисление и преобразование определенных интегралов. Некоторые приложения определенных интегралов.

Тема 3. Несобственные интегралы.

Несобственные интегралы с бесконечными пределами и от неограниченных функций, свойства и преобразования несобственных интегралов.

Тема 4. Приложения определенных интегралов.

Длина кривой, площади и объемы. Вычисление физических и механических величин.

Тема 5. Двойной интеграл. Приложения двойного интеграла.

Двойной интеграл и его свойства, сведение двойного интеграла к повторному. Геометрическая интерпретация двойного интеграла. Замена переменной в двойном интеграле. Приложения двойных интегралов. Сведение к повторным интегралам. Замена переменной.

Тема 6. Тройной интеграл. Приложения тройного интеграла.

Тройной интеграл и его свойства, сведение тройного интеграла к повторному. Геометрическая интерпретация тройного интеграла. Замена переменной в тройном интеграле. Приложения тройных интегралов. Сведение к повторным интегралам. Замена переменной. Связь двойных и тройных интегралов.

Тема 7. Кратные интегралы и их свойства.

Кратные интегралы (основные понятия и утверждения). Формулы и способы вычисления кратных интегралов.

Тема 8. Криволинейные интегралы, их физический и геометрический смысл.

Криволинейные интегралы первого и второго рода, их свойства. Геометрический и физический смыслы криволинейных интегралов. Вычисление криволинейных интегралов. Контурные интегралы. Формула Грина. Интегрирование полных дифференциалов.

Тема 9. Поверхностные интегралы и их свойства.

Поверхностные интегралы первого и второго рода, их свойства. Вычисление поверхностных интегралов. Односторонние и двухсторонние поверхности. Формулы Остроградского и Стокса. Приложение поверхностных интегралов.

Тема 10. Приложение математического анализа в теории поля.

Приложение дифференциального исчисления и интегрального исчисления в векторном анализе. Криволинейные системы координат.

Тема 11. Интегралы, зависящие от параметра.

Интегралы, зависящие от параметра. Собственные интегралы, зависящие от параметра. Непрерывность по параметру, дифференцируемость и интегрируемость под знаком интеграла по параметру. Несобственные интегралы, зависящие от параметра. Сходимость несобственных параметров по параметру, дифференцируемость и интегрируемость несобственных интегралов по параметру. Эйлеровы интегралы первого и второго рода.

Тема 12. Числовые ряды.

Основные понятия и утверждения о бесконечных рядах с постоянными членами. Вычисление суммы числового ряда. Признаки сходимости числовых рядов. Знакопередающиеся и знакопеременные ряды, их свойства. Операции над рядами. Условно сходящиеся ряды, их свойства.

Тема 13. Функциональные ряды.

Основные понятия и утверждения о функциональных рядах. Равномерная сходимость последовательностей и рядов, свойства сходящихся рядов. Критерии сходимости функциональных рядов. Применение операций дифференцирования и интегрирования для вычисления функциональных рядов.

Тема 14. Степенные ряды.

Основные понятия и утверждения о степенных рядах. Радиус и область сходимости степенных рядов. Степенные ряды Тейлора и Маклорена. Разложение элементарных функций в степенные ряды в области их сходимости. Вычисление суммы некоторых степенных рядов, решение с их помощью уравнений.

Тема 15. Ряды Фурье.

Тригонометрический ряд и его основные свойства. Теоремы о разложении функции в тригонометрический ряд. Определение ряда Фурье. Разложения функций в ряды Фурье, связанные с ними теоремы. Сходимости рядов Фурье. Понятие о среднем квадратичном

отклонении тригонометрического многочлена от заданной функции. Равенство Парсеваля, теорема единственности. Понятие сигнала. Приложения рядов Фурье к анализу сигналов.

Тема 16. Интеграл Фурье и преобразование Фурье.

Основные понятия, определения и примеры. Применение интегрального преобразования Фурье. Преобразование Фурье для различных сигналов.

Образцы средств для проведения текущего контроля

Примерные задания для контрольных работ

Контрольная работа № 1

1. Найти множество значений x , удовлетворяющих условию

$$1) \int \frac{\sin x}{1 + \cos 2x} dx; \quad 2) \int (x - 2) \ln x dx; \quad 3) \int \frac{\sqrt[3]{x-3} + 1}{\sqrt{x-3}} dx;$$

$$4) \int \frac{(x+8)dx}{2x^3 - x^2 + 8x - 4}; \quad 5) \int \frac{x - \sqrt{\arctg 2x}}{1 + 4x^2} dx; \quad 6) \int \frac{\sqrt{x-2}}{3 + \sqrt{x-2}} dx;$$

$$7) \int (3 - 7x) \cos 2x dx; \quad 8) \int \frac{\ln(1 + \sqrt{x})}{x + \sqrt{x}} dx.$$

2. Вычислить определенный интеграл:

$$3. \quad 1) \int_{\pi}^{2\pi} \frac{\cos x}{6 - 5 \sin x} dx; \quad 2) \int_{-2}^{-1} (2 - 3x^2) e^{3x} dx.$$

Контрольная работа № 2

1. Вычислить площадь фигуры, ограниченной указанными линиями; выполнить чертеж:

$$1) \quad xy = 8, \quad y = 8x^3, \quad y = 27;$$

$$2) \quad \rho = 2 \cos \varphi, \quad \rho = 4;$$

$$3) \quad x = 5 \cos^3 t, \quad y = 5 \sin^3 t.$$

2. Вычислить длину дуги кривой

$$y = \frac{4}{3} x^{3/4}, \quad x \in [0; 8].$$

3. Найти объем тела, полученного вращением кривой вокруг указанной координатной оси. Выполнить чертеж.

$$xy = 8, \quad 2 \leq x \leq 4 \quad (\text{ось } Ox).$$

4. Вычислить несобственный интеграл:

$$1) \int_0^{+\infty} \frac{dx}{\sqrt{x^2 + 9}}; \quad 2) \int_0^2 \frac{dx}{x^2 - 4}.$$

5. Вычислить двойной интеграл:

$$1) \iint_D \left(\frac{4}{5} xy + \frac{9}{11} x^2 y^2 \right) dx dy,$$

область D ограничена линиями $x = 1$, $y = x^3$, $y = -\sqrt{x}$;

$$2) \iint_D 2y \cos(2xy) dx dy,$$

область D ограничена линиями $y = \pi/4$, $y = \pi/2$, $x = 1$, $x = 2$.

6. Вычислить тройной интеграл:

$$1) \iiint_V y^2 \cos \frac{\pi xy}{2} dx dy dz,$$

область V ограничена поверхностями $x = 0$, $y = -1$, $y = x$, $z = 0$, $z = 2\pi^2$;

$$2) \iiint_V (x^2 + 3y^2) dx dy dz,$$

область V ограничена поверхностями $z = 10x$, $x + y = 1$, $x = 0$, $y = 0$, $z = 0$.

Контрольная работа № 3

1. При помощи двойного или тройного интеграла найти объем тела, ограниченного поверхностями $z = 2x^2$, $2x + y = 4$, $z = 0$, $y = 0$, $x = 0$.
2. Вычислить криволинейный интеграл первого рода

$$\int_L (x - y) dl,$$

где L – контур треугольника с вершинами $O(0; 0)$, $A(1; 0)$, $B(0; 1)$.

3. При помощи криволинейного интеграла второго рода вычислить работу, совершаемую силой $\mathbf{F} = (x^2 - 2xy)\mathbf{i} + (y^2 - 2xy)\mathbf{j}$, при перемещении материальной точки под действием этой силы вдоль линии $y = x^2$ от точки $A(-1; 1)$ до точки $B(1; 1)$.
4. Найти массу однородной поверхности параболоида $x^2 + y^2 = 3z$, отсеченной плоскостью $z = 3$.
5. Вычислить интеграл

$$\iint_S \frac{z}{\sqrt{1 - x^2 - y^2}} dx dy,$$

где S – наружная сторона сферы $x^2 + y^2 + z^2 = 1$.

Контрольная работа № 4

1. Доказать равномерную сходимость интеграла

$$\int_2^{+\infty} \frac{dx}{x \ln^\alpha x}, \quad \alpha \in [2; +\infty).$$

2. Исследовать интеграл на непрерывность

$$\int_0^{+\infty} e^{-(x-\alpha)^2} dx, \quad \alpha \in (-\infty; +\infty).$$

3. Найти производную по параметру от интеграла

$$\int_1^\alpha \frac{\sin \alpha x}{x^2} dx, \quad \alpha > 0.$$

4. Исследовать ряды на сходимость:

$$a) \sum_{n=1}^{+\infty} \frac{n!}{2^n};$$

$$b) \sum_{n=1}^{+\infty} \left(\frac{2n}{2n+1} \right)^{2n^2};$$

$$c) \sum_{n=1}^{+\infty} n \sin \frac{1}{n^2};$$

$$d) \sum_{n=1}^{+\infty} \frac{1}{\sqrt{n^2 + 3n + 6}};$$

$$e) \sum_{n=1}^{+\infty} \frac{(-1)^n \sqrt{n}}{n+2}.$$

Контрольная работа № 5

1. Исследовать на равномерную сходимость ряд

$$\sum_{n=1}^{+\infty} \frac{(x+1)^2}{1+n^3(x+1)^2}$$

на множестве $E = [-2; +\infty]$.

2. Исследовать на непрерывность функцию

$$f(x) = \sum_{n=1}^{+\infty} \frac{x^2 \cos 2x}{1+n^4 x^6}$$

на множестве ее задания.

3. Исследовать на дифференцируемость функцию

$$f(x) = \sum_{n=1}^{+\infty} e^{-2n^2 x}$$

на множестве ее задания.

4. Найти область сходимости функционального ряда

$$\sum_{n=1}^{+\infty} \frac{1}{n^x}$$

5. Найти интервал сходимости степенного ряда и исследовать его сходимость на концах интервала

$$1) \sum_{n=1}^{+\infty} \operatorname{tg}^n \left(\frac{\pi}{4} + \frac{1}{n} \right) x^n; \quad 2) \sum_{n=1}^{+\infty} \frac{(x-2)^{2n}}{3^n + 2^n}.$$

Контрольная работа № 6

1. Разложить функцию $f(x) = 8 + x$ в ряд Фурье на отрезке $[-\pi; \pi]$.
2. Разложить функцию $f(x) = 1 - 7x$ в ряд Фурье на отрезке $[0; 2\pi]$.
3. Разложить функцию $f(x) = 9,5$ в ряд Фурье по синусам и по косинусам на отрезке $[-2; 1]$.

5. Учебно-методическое обеспечение и планирование самостоятельной работы обучающихся

Таблица 3

№ темы	Темы	Формы СРС, включая требования к подготовке к занятиям
Второй семестр		
1.	Неопределенный интеграл и его свойства	Изучение теоретического материала; подготовка к практическим занятиям, контрольным работам; выполнение домашнего задания; работа с литературой.
2.	Определенный интеграл и его свойства	Изучение теоретического материала; подготовка к практическим занятиям, контрольным работам; выполнение домашнего задания; работа с литературой.
3.	Несобственные интегралы	Изучение теоретического материала; подготовка к практическим занятиям, контрольным работам; выполнение домашнего задания; работа с литературой.
4.	Приложения определенных интегралов	Изучение теоретического материала; подготовка к практическим занятиям, контрольным работам; выполнение домашнего задания; работа с литературой.

5.	Двойной интеграл. Приложения двойного интеграла	Изучение теоретического материала; подготовка к практическим занятиям, контрольным работам; выполнение домашнего задания; работа с литературой.
6.	Тройной интеграл. Приложения тройного интеграла	Изучение теоретического материала; подготовка к практическим занятиям, контрольным работам; выполнение домашнего задания; работа с литературой.
7.	Кратные интегралы и их свойства	Изучение теоретического материала; подготовка к практическим занятиям, контрольным работам; выполнение домашнего задания; работа с литературой.
8.	Криволинейные интегралы, их физический и геометрический смысл	Изучение теоретического материала; подготовка к практическим занятиям, контрольным работам; выполнение домашнего задания; работа с литературой.
9.	Поверхностные интегралы и их свойства	Изучение теоретического материала; подготовка к практическим занятиям, контрольным работам; выполнение домашнего задания; работа с литературой.
10.	Приложение математического анализа в теории поля	Изучение теоретического материала; подготовка к практическим занятиям, контрольным работам; выполнение домашнего задания; работа с литературой.
Третий семестр		
11.	Интегралы, зависящие от параметра	Изучение теоретического материала; подготовка к практическим занятиям, контрольным работам; выполнение домашнего задания; работа с литературой.
12.	Числовые ряды	Изучение теоретического материала; подготовка к практическим занятиям, контрольным работам; выполнение домашнего задания; работа с литературой.
13.	Функциональные ряды	Изучение теоретического материала; подготовка к практическим занятиям, контрольным работам; выполнение домашнего задания; работа с литературой.
14.	Степенные ряды	Изучение теоретического материала; подготовка к практическим занятиям, контрольным работам; выполнение домашнего задания; работа с литературой.
15.	Ряды Фурье	Изучение теоретического материала; подготовка к практическим занятиям, контрольным работам; выполнение домашнего задания; работа с литературой.
16.	Интеграл Фурье и преобразование Фурье	Изучение теоретического материала; подготовка к практическим занятиям, контрольным работам; выполнение домашнего задания; работа с литературой.

6. Промежуточная аттестация по дисциплине

6.1. Оценочные материалы для проведения промежуточной аттестации по дисциплине

Экзамен проходит в виде собеседования по вопросам билета, при этом подготовка студента к ответу проводится в письменной форме. Билет состоит из двух теоретических вопросов и задачи. Ответ на каждый вопрос и решение задачи оценивается по пятибалльной системе. Результирующая оценка рассчитывается как среднее арифметическое полученных оценок.

Второй семестр

1. Первообразная функции. Неопределённый интеграл и его свойства. Примеры.
2. Табличные интегралы и "неберущиеся" интегралы. Примеры.

3. Основные методы интегрирования: непосредственное интегрирование, замена переменной (подстановки), интегрирование по частям. Примеры.
4. Интегрирование целых рациональных функций и простейших дробно-рациональных функций. Примеры.
5. Интегрирование дробно-рациональных функций: выделение целой части, выделение полного квадрата, формулы приведения, метод разложения подынтегральной функции на простейшие дроби. Примеры.
6. Интегрирование дробно-рациональных функций: метод Остроградского. Примеры.
7. Интегрирование простейших иррациональных функций: выделение полного квадрата, тригонометрические и гиперболические подстановки. Примеры.
8. Интегрирование иррациональных функций: постановки Эйлера. Примеры.
9. Интегрирование биномиальных дифференциалов (подстановки Чебышёва).
Примеры.
10. Интегрирование тригонометрических и гиперболических функций: понижение порядка, формулы приведения. Примеры.
11. Интегрирование тригонометрических и гиперболических функций: универсальные подстановки, интегрирование по частям. Примеры.
12. Задачи, приводящие к понятию определённого интеграла. Формула Ньютона-Лейбница. Примеры.
13. Определённый интеграл (основные понятия и определения). Суммы Дарбу и их свойства. Примеры.
14. Свойства определённого интеграла. Примеры.
15. Равномерная непрерывность функции. Теорема Кантора о равномерной непрерывности функции. Примеры.
16. Интегрируемость непрерывных и некоторых разрывных функций. Примеры.
17. Теоремы о среднем значении интеграла. Формула Боне. Примеры.
18. Связь между определённым и неопределённым интегралами. Интеграл от переменного предела. Примеры.
19. Основные методы вычисления определённого интеграла: замена переменной и интегрирование по частям. Примеры.
20. Несобственные интегралы. Признаки сходимости несобственных интегралов. Примеры.
21. Применение определённого интеграла к вычислению площадей плоских фигур, ограниченных кривыми линиями и площадей криволинейных секторов. Примеры.
22. Применение определённого интеграла к вычислению длин плоских кривых линий. Примеры.
23. Применение определённого интеграла к вычислению объёмов тел вращения и площадей их поверхностей. Примеры.
24. Применение определённого интеграла к решению физических задач: масса и центр тяжести неоднородного стержня, работа переменной силы, давление жидкости на стенки сосуда. Примеры.
25. Кратные интегралы (основные понятия, определения и примеры).
26. Двойной интеграл и его свойства. Вычисление двойного интеграла. Примеры.
27. Тройной интеграл и его свойства. Вычисление тройного интеграла. Примеры.
28. Применение двойного интеграла к вычислению площадей плоских фигур.
Примеры.
29. Применение двойного интеграла к вычислению объёмов тел. Примеры.
30. Применение тройного интеграла к вычислению объёмов тел. Примеры.
31. Применение кратных интегралов к вычислению масс материальных поверхностей и тел, их моментов тяжести. Примеры.
32. Применение кратных интегралов к вычислению моментов инерции поверхностей и тел, силы тяжести. Примеры.

33. Криволинейный интеграл первого рода и его свойства. Примеры.
34. Геометрический и физический смысл криволинейного интеграла первого рода. Примеры.
35. Вычисление криволинейных интегралов первого рода при различных заданиях подынтегральной функции и кривой интегрирования. Примеры.
36. Криволинейный интеграл второго рода и его свойства. Примеры.
37. Вычисление криволинейных интегралов второго рода при различных заданиях подынтегральной функции. Примеры.
38. Связь криволинейных интегралов первого и второго рода. Примеры.
39. Контурные интегралы. Формула Грина. Примеры.
40. Независимость криволинейного интеграла второго рода от пути интегрирования. Примеры.
41. Интегрирование полных интегралов с помощью криволинейных интегралов. Примеры.
42. Поверхностный интеграл первого рода и его свойства. Примеры.
43. Геометрический и физический смысл поверхностного интеграла первого рода. Примеры.
44. Поверхностный интеграл второго и его свойства. Примеры.
45. Вычисление поверхностного интеграла второго рода. Примеры.
46. Связь между поверхностными интегралами первого и второго рода. Примеры.
47. Формула Остроградского-Гаусса. Примеры.
48. Формула Стокса, независимость криволинейного интеграла второго рода от пути интегрирования. Примеры.
49. Восстановление функции нескольких переменных по её полному дифференциалу. Примеры.
50. Применение поверхностных интегралов к вычислению объёмов и площадей поверхностей тел. Примеры.
51. Применение поверхностных интегралов к вычислению масс материальных поверхностей и тел. Примеры.
52. Приложение математического анализа в теории поля.

Третий семестр

53. Интегралы, зависящие от параметра, определения и примеры.
54. Непрерывность интеграла, зависящего от параметра.
55. Дифференцируемость интеграла, зависящего от параметра.
56. Интегрирование интеграла, зависящего от параметра.
57. Несобственные интегралы, зависящие от параметра, определения и примеры.
58. Понятие о равномерной сходимости по параметру.
59. Дифференцируемость и интегрируемость несобственных интегралов по параметру.
60. Эйлеровы интегралы первого и второго рода.
61. Числовые ряды. Основные определения.
62. Сходимость числовых рядов.
63. Примеры сходящихся и расходящихся числовых рядов.
64. Свойства числовых рядов.
65. Критерий Коши для числовых рядов.
66. Необходимое условие сходимости ряда. Гармонический ряд.
67. Сходимость рядов с неотрицательными слагаемыми.
68. Достаточные признаки сходимости числовых рядов, признаки Даламбера и Коши сходимости рядов.
69. Признаки Раабе, Куммера, Бертрана и Гаусса сходимости рядов.

70. Знакопеременные и знакочередующиеся ряды. Теорема Лейбница о сходимости знакочередующегося ряда.
71. Оценка остатка знакочередующегося ряда.
72. Абсолютно сходящиеся ряды, свойства и операции над абсолютно сходящимися рядами
73. Теорема Римана о не абсолютно сходящихся рядах.
74. Функциональные последовательности, определение сходимости.
75. Функциональные ряды и определение сходимости таких рядов.
76. Понятие о равномерной сходимости функциональных рядов.
77. Критерий Коши равномерной сходимости функциональных последовательностей и рядов.
78. Признак Вейерштрасса сходимости функционального ряда. Признак Вейерштрасса сходимости функциональной последовательности.
79. Степенные ряды вещественной и комплексной переменной. Теоремы Абеля об областях сходимости и расходимости степенных рядов.
80. Формулы для определения радиуса сходимости степенного ряда.
81. Ряды Тейлора и Маклорена для функции одного переменного.
82. Разложение элементарных функций в ряды Тейлора и Маклорена на примере функций e^x , $\sin x$, $\cos x$.
83. Разложение элементарных функций в ряды Тейлора и Маклорена на примере функций $\ln(1+x)$, $(1+x)^\alpha$.
84. Ряды Фурье. Система тригонометрических функций $\sin ix$, $\cos ix$, $i = 0, 1, 2, \dots$ и её свойства.
85. Теорема о коэффициентах Фурье равномерно сходящегося тригонометрического ряда.
86. Разложение в ряд Фурье четных и нечетных функций.
87. Ряд Фурье абсолютно интегрируемых функций. Поведение коэффициентов Фурье абсолютно интегрируемых функций.
88. Теорема о сходимости ряда Фурье для кусочно-дифференцируемых функций.
89. Периодическое продолжение функций.
90. Сходимость в точках непрерывности и в точках разрыва.
91. Суммирование рядов Фурье методом средних арифметических.
92. Теорема о равномерной сходимости рядов Фурье.
93. Среднеквадратичные приближения функций и ряды Фурье.
94. Ряды Фурье на произвольном интервале.
95. Интеграл Фурье и преобразование Фурье: основные понятия, определения и примеры.
96. Применение интегрального преобразования Фурье.
97. Преобразование Фурье для различных сигналов.

Примерные задачи

Второй семестр

1. Найти интеграл:

1) $\int (4 - 3x)e^{-3x} dx$; 2) $\int \frac{dx}{x\sqrt{x^2 + 1}}$; 3) $\int \sqrt{3 - 4x^2} dx$;

4) $\int \frac{\sqrt[3]{(1 + \sqrt[3]{x})^2}}{x^6 \sqrt{x^5}} dx$; 5) $\int \frac{(10 - 3x) dx}{3x^2 - 3x + 4}$; 6) $\int \frac{\sin x + 3 \cos x}{2 - \sin x} dx$;

7) $\int \frac{x^3 + 4x^2 + 4x + 2}{(x + 1)^2(x^2 + x + 1)} dx$.

2. Найти полный дифференциал функции

$$z = xy^2 - 2x^2y + 2y^2.$$

3. Дана функция $u = f(x, y, z)$. Найти все частные производные второго порядка по переменным x, y, z :

$$u = 2 \cos x^2 z + x\sqrt{zy} - y^2.$$

4. Составить уравнение касательной плоскости и нормали в точке $M(x_0, y_0, z_0)$ к поверхности $S: z = x^2 + 3xy - 6x$, $M(2, 1, z_0)$.5. Найти экстремумы функции $z = x^2 + 3xy - 6x$.

6. Изменить порядок интегрирования

$$\int_{-2}^{-1} dy \int_{-\sqrt{2+y}}^0 f(x, y) dx + \int_{-1}^0 \int_{-\sqrt{-y}}^0 f(x, y) dx.$$

7. Вычислить

$$\int_D (12x^2y^2 + 16x^3y^3) dx dy, \quad D: x = 1, y = x^2, y = -\sqrt{x}.$$

где область D ограничена линиями $x = 1, y = x^2, y = -\sqrt{x}$.

8. Вычислить

$$\int_V y^2 e^{xy} dx dy dz,$$

где область V ограничена поверхностями $x = 0, y = 1, y = x, z = 0, z = 1$.

9. Найти площадь фигуры, ограниченной данными линиями

1) $y = \frac{3}{x}, y = 4e^x, y = 3, y = 4$;

2) $y = 4x - 8$; 3) $r = 4 \cos 3\varphi, r = 2 (r \geq 2)$;

4) $\begin{cases} x = 4\sqrt{2} \cos^3 t, \\ y = 4\sqrt{2} \sin^3 t, \quad x \geq 2. \end{cases}$

10. Пластинка D задана ограничивающими ее кривыми

$$x = 1, y = 0, y^2 = 4x (y \geq 0),$$

 $\mu = 7x^2 + y$ – ее поверхностная плотность. Найти массу пластинки.

11. Вычислить длину дуги кривой, заданной уравнением:

1) $y = \frac{1}{4}(e^{2x} + e^{-2x+3})$; 2) $\rho = 2e^{\frac{4\varphi}{3}}, -\frac{\pi}{2} \leq \varphi \leq \frac{\pi}{2}$;

3) $\begin{cases} x = (t^2 - 2) \sin t + 2t \cos t, \\ y = (2 - t^2) \cos t + 2t \sin t, \quad 0 \leq \varphi \leq \pi. \end{cases}$

12. Вычислить объем тела, ограниченного поверхностями

$$\frac{x^2}{9} + y^2 = 1, z = y, z = 0 (y \geq 0).$$

13. Пластика задана ограничивающими ее кривыми
 $x^2 + y^2 = 9, x^2 + y^2 = 25, x = 0, y = 0$ ($x \geq 0, y \geq 0$),
 $\mu = (2y - x)(x^2 + y^2)$ – ее поверхностная плотность. Найти массу пластинки
 координаты центра тяжести.
14. Найти объем тела, заданного ограничивающими его поверхностями
 $x = 1 - 4y^2, x = -3, z = x^2 - 7y^2 - 1, z = x^2 - 7y^2 + 2$.
15. Тело задано ограничивающими его поверхностями
 $64(x^2 + y^2) = z^2, x^2 + y^2 = 4, y = 0, z = 0$ ($y \geq 0, z \geq 0$),
 $\mu = 5(x^2 + y^2)/4$ – плотность. Найти массу тела.
16. Найти работу силы $F = (x^2 - 2y)\mathbf{i} + (y^2 - 2x)\mathbf{j}$ при перемещении вдоль отрезка MN от
 точки $M(-4; 0)$ к точке $N(0; 2)$.
17. Вычислить моменты инерции относительно координатных осей однородной
 поверхности
- 1) $x + y + z = 1, x \geq 0, y \geq 0, z \geq 0$;
 - 2) $z = \frac{h}{r}\sqrt{x^2 + y^2}, x^2 + y^2 \leq r^2$.
18. Найти в точке $(0; 0; z)$ потенциал простого слоя, распределенного с плотностью μ :
- 1) на боковой поверхности цилиндра $x^2 + y^2 = R^2, 0 \leq z \leq H, \mu = \mu_0$;
 - 2) на сфере $x^2 + y^2 + z^2 = R^2, \mu = \mu_0 z^2$.
19. Решить уравнение

$$x \frac{\partial u}{\partial y} - y \frac{\partial u}{\partial x} = 0,$$

преобразовав его к полярным координатам.

Третий семестр

20. Вычислить интеграл

$$\int_0^{+\infty} \frac{e^{-\alpha x^2} - \cos \beta x}{x^2} dx, \alpha > 0.$$

21. Выразить через значения бета-функции интеграл

$$\int_0^1 \frac{1}{\sqrt[n]{1 - x^\alpha}} dx, \alpha > 0.$$

22. Выразить через значения гамма-функции интеграл

$$\int_0^1 \frac{e^{-\alpha/2x^2}}{x^{n+1}} dx, \alpha > 0, n \in \mathbb{N}.$$

23. Доказать равенство

$$\int_0^1 \frac{1}{\sqrt{1 - x^4}} dx = \frac{\Gamma^2(1/4)}{4\sqrt{2\pi}}.$$

24. Найти область сходимости функционального ряда

$$\sum_{n=1}^{\infty} \frac{(-1)^{n+1}}{x^2 + 3n}$$

и доказать его равномерную сходимость.

25. Найти область сходимости функционального ряда

$$\sum_{n=1}^{\infty} \frac{\sin nx}{n + 1}$$

и доказать его равномерную сходимость.

26. Законно ли применение к ряду

$$\sum_{n=1}^{\infty} \frac{\cos nx}{2^{n-1}}$$

теоремы об интегрировании функциональных рядов в промежутке $[\pi/4; \pi/3]$?

27. Можно ли к ряду

$$\sum_{n=1}^{\infty} \operatorname{arctg} \frac{x}{n\sqrt{n}}$$

применить теорему о почленном дифференцировании рядов?

28. Можно ли к ряду

$$\sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{n^2} \sin \frac{x}{n}$$

применить теорему о дифференцировании функциональных рядов?

29. Можно ли к ряду

$$\sum_{n=1}^{\infty} n(x^2 + 1)^n$$

применить теорему о дифференцировании функциональных рядов?

30. Разложить в ряд Фурье заданную функцию на указанном сегменте

$$f(x) = \begin{cases} 1 - 2x, & -2\pi \leq x \leq 0, \\ 3x, & 0 \leq x \leq 2\pi. \end{cases}$$

31. Найти преобразование Фурье функции

$$f(x) = \begin{cases} 1, & |x| \leq 1, \\ 0, & |x| > 1. \end{cases}$$

32. Представить периодический сигнал, заданный функцией

$$f(x) = \begin{cases} 1, & |x| \leq 1, \\ 0, & 1 < |x| \leq 2. \end{cases}$$

(период $T = 4$), в виде ряда Фурье. Результат представить графически, оставляя в ряде Фурье 1, 2, 5 и 10 слагаемых.

6.2. Критерии оценивания компетенций

Таблица 4

Карта критериев оценивания компетенций

№ п/п	Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенций, соотнесенные с планируемыми результатами обучения	Оценочные материалы	Критерии оценивания
1	ОПК-2: способен применять методы математического анализа, моделирования, оптимизации и статистики для решения задач, возникающих в ходе профессиональной деятельности	Пороговый уровень освоения ОП (удовл.): Знает: в целом успешно, но не систематически математические методы решения профессиональных задач, основные приемы обработки экспериментальных данных. Умеет: фрагментарно применять методы математического анализа при решении инженерных задач. Базовый уровень (хор.):	Контрольные работы в течение семестра. Экзаменационные билеты (теоретические вопросы и задача).	Оценка за выполнение контрольной работы зависит от количества правильно решенных заданий. Оценка за ответ по билету зависит

		<p>Знает: в целом успешно, но с отдельными пробелами математические методы решения профессиональных задач, основные приемы обработки экспериментальных данных.</p> <p>Умеет: в целом успешно, но с отдельными пробелами применять методы математического анализа при решении инженерных задач; использовать навыки аналитического и численного решения.</p> <p>Повышенный уровень (отл.):</p> <p>Знает: методы решений задач математического анализа; основные понятия, определения и теоремы.</p> <p>Умеет: делать обоснованные заключения по результатам проводимых исследований.</p>	от полноты ответа на теоретический вопрос и правильности решения задачи.
--	--	--	--

7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

7.1. Основная литература:

1. Пантелеев, А.В. Математический анализ: учебное пособие / А.В. Пантелеев, Н.И. Савостьянова, Н.М. Федорова. — Москва: ИНФРА-М, 2020. — 502 с. — URL: <https://znanium.com/catalog/product/1077332> (дата обращения: 17.05.2021). — Режим доступа: по подписке.
2. Шипачев, В.С. Математический анализ. Теория и практика: учеб. пособие / В.С. Шипачев. — 3-е изд. — М.: ИНФРА-М, 2019. — 351 с. — URL: <https://znanium.com/catalog/product/989800> (дата обращения: 18.05.2021). — Режим доступа: по подписке.

7.2. Дополнительная литература:

1. Берман, Г.Н. Сборник задач по курсу математического анализа: учеб. пособие / Г.Н. Берман. — Санкт-Петербург: Профессия, 2005. — 432 с.
2. Жукова, Г.С. Математический анализ в примерах и задачах. Ч. 1: учебное пособие / Г.С. Жукова, М.Ф. Рушайло. — Москва: ИНФРА-М, 2020. — 260 с. — URL: <https://znanium.com/catalog/product/1072156> (дата обращения: 19.05.2021). — Режим доступа: по подписке.
3. Жукова, Г.С. Математический анализ. Том 2 : учебник / Г.С. Жукова, М.Ф. Рушайло; под ред. Г.С. Жуковой. — Москва: ИНФРА-М, 2020. — 518 с. — URL: <https://znanium.com/catalog/product/1072172> (дата обращения: 18.05.2021). — Режим доступа: по подписке.

7.3 Интернет-ресурсы:

1. Федеральный портал «Российское образование»: <http://www.edu.ru>.
2. Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU: <http://elibrary.ru>.

7.4 Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы:

1. ProQuest Dissertations & Theses Global / ФГБУ «Государственная публичная научно-техническая библиотека России». URL: <https://search.proquest.com/index>.

2. Национальная электронная библиотека. URL: <https://rusneb.ru>.

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

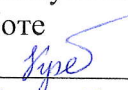
– **Лицензионное ПО, в том числе отечественного производства:**

платформа для электронного обучения Microsoft Teams, офисный пакет Microsoft Office

9. Технические средства и материально-техническое обеспечение дисциплины

Аудитория с доской и мультимедийным оборудованием для лекционных и практических занятий.

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«ТЮМЕНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

УТВЕРЖДАЮ
Заместитель директора
Физико-технического
института по учебной
работе

С.А. Креков
« 23 » 06 2021г.

ВАРИАЦИОННОЕ ИСЧИСЛЕНИЕ

Рабочая программа дисциплины
для обучающихся по направлению подготовки
16.03.01 Техническая физика
Профиль: Техническая физика в нефтегазовых технологиях
формы обучения: очная

Басинский К.Ю. Вариационное исчисление. Рабочая программа дисциплины для обучающихся по направлению подготовки 16.03.01 Техническая физика, профиль: Техническая физика в нефтегазовых технологиях, форма обучения очная. Тюмень, 2021.

Рабочая программа дисциплины опубликована на сайте ТюмГУ:
<https://www.utmn.ru/sveden/education/#>.

1. Пояснительная записка

Целью курса является изучение методов вариационного исчисления, применяющихся при решении прикладных задач, в объеме необходимом для успешного освоения других дисциплин учебного плана, а также для дальнейшей профессиональной деятельности.

В результате изучения курса студент должен иметь представление о теоретических основах вариационного исчисления и приложении различных методов к задачам физики и других естественных наук.

Содержание дисциплины охватывает следующие темы: задачи, приводящие к вариационным проблемам; вариационные задачи с фиксированными и подвижными границами; задачи на условный экстремум; прямые методы вариационного исчисления; двойственные вариационные задачи; приложения вариационных методов.

1.1. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Данная дисциплина входит в блок Б1 Дисциплины (модули), обязательная часть.

Для ее успешного изучения необходимы знания, приобретенные в результате освоения предшествующих дисциплин «Математический анализ», «Линейная алгебра и аналитическая геометрия», «Высшая математика».

1.2. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения данной дисциплины

Таблица 1

Код и наименование компетенции (из ФГОС ВО)	Код и наименование части компетенции	Планируемые результаты обучения (знаниевые/функциональные)
ОПК-2 способен применять методы математического анализа, моделирования, оптимизации и статистики для решения задач, возникающих в ходе профессиональной деятельности	-	<i>Знает</i> теоретические основы и практические приложения разделов вариационного исчисления
		<i>Умеет</i> применять полученные знания при решении прикладных задач, самостоятельно осваивать математические методы для использования их в работе и научных исследованиях

2. Структура и объем дисциплины

Таблица 2

Вид учебной работы		Всего часов (академические часы)	Часов в семестре (академические часы)
			5 семестр
Общий объем	зач. ед. час	4	4
		144	144
Из них:			
Часы контактной работы (всего):		70	70
Лекции		34	34
Практические занятия		34	34
Лабораторные / практические занятия по подгруппам		0	0
Консультации и иная контактная работа		2	2
Часы внеаудиторной работы, включая самостоятельную работу обучающегося		74	74
Вид промежуточной аттестации			Экзамен

3. Система оценивания

3.1. В течение семестра обучающиеся должны написать две контрольные работы.

Форма промежуточной аттестации по дисциплине — экзамен. Если в течение семестра студент получил оценки «отлично» за две контрольные работы, то он получает оценку «отлично» без сдачи экзамена. Если за одну работу получена оценка «хорошо», а за другую — «отлично», то студент может на выбор: получить оценку «хорошо» или сдавать экзамен (без сохранения оценки).

4. Содержание дисциплины

4.1. Тематический план дисциплины

Таблица 3

№ п/п	Наименование тем и/или разделов	Объем дисциплины, час.				
		Всего	Виды аудиторной работы (академические часы)			Консультации и иная контактная работа
			Лекции	Практические занятия	Лабораторные/ практические занятия по подгруппам	
1	2	3	4	5	6	7
1.	Задачи, приводящие к вариационным проблемам	5	2	0	0	0
2.	Экстремум функции многих переменных	10	0	4	0	0
3.	Экстремумы функционалов	10	2	2	0	0
4.	Вариационные задачи с фиксированными границами	18	8	0	0	0
5.	Простейшая задача вариационного исчисления	9	0	4	0	0
6.	Обобщения простейшей задачи вариационного исчисления	4	0	2	0	0
7.	Задачи на условный экстремум	8	4	0	0	0
8.	Поле экстремалей	4	0	2	0	0
9.	Достаточные условия экстремума функционала	4	0	2	0	0
10.	Достаточные условия экстремума	4	2	0	0	0
11.	Условный экстремум	4	0	2	0	0

12.	Вариационные методы в оптимальном управлении	4	2	0	0	0
13.	Контрольная работа № 1	2	0	2	0	0
14.	Прямые методы вариационного исчисления	20	6	4	0	0
15.	Вариационные задачи с подвижными границами	4	0	2	0	0
16.	Методы решения вариационных задач	8	4	0	0	0
17.	Разрывные задачи. Односторонние вариации	4	0	2	0	0
18.	Теория Гамильтона-Якоби. Вариационные принципы механики	6	0	2	0	0
19.	Двойственные вариационные задачи	4	2	0	0	0
20.	Вариационные методы нахождения собственных значений и собственных функций	4	0	2	0	0
21.	Приложения вариационных методов	4	2	0	0	0
22.	Контрольная работа № 2	2	0	2	0	0
	Экзамен	2	0	0	0	2
	Итого (часов)	144	34	34	0	2

4.2. Содержание дисциплины по темам

1. "Задачи, приводящие к вариационным проблемам"

Задача Дидоны. Задача о брахистохроне. Задача о преломлении света. Задача о минимальной поверхности вращения. Задача о геодезических линиях.

2. "Экстремум функции многих переменных"

Безусловный экстремум. Достаточные условия строгого экстремума. Метод наискорейшего спуска. Условный экстремум. Метод множителей Лагранжа.

3. "Экстремумы функционалов"

Функционалы. Экстремумы функционалов. Вариации функционалов. Теорема Ферма. Старшие вариации и условия старших порядков. Функционал. Вариация функционала и ее свойства. Необходимое условие экстремума.

4. "Вариационные задачи с фиксированными границами"

Простейшая задача классического вариационного исчисления. Функционалы от нескольких функций. Функционалы с производными высшего порядка. Функционалы от функций многих переменных. Канонический вид уравнения Эйлера.

5. "Простейшая задача вариационного исчисления"

Уравнение Эйлера. Простейшие случаи интегрируемости уравнения Эйлера. Простейшие случаи интегрируемости уравнения Эйлера. Вариационные задачи в параметрической форме.

6. "Вариационные задачи с подвижными границами"

Задача с подвижными концами. Задача с подвижными границами.

7. "Обобщения простейшей задачи вариационного исчисления"

Функционалы, зависящие от производных высших порядков. Функционалы, зависящие от нескольких функций. Функционалы, зависящие от функций нескольких переменных.

8. "Задачи на условный экстремум"

Основные типы задач на условный экстремум. Необходимые условия в задаче Лагранжа. Необходимые условия в изопериметрической задаче. Задача Больца. Задача Майера.

9. "Поле экстремалей"

Семейство однопараметрических кривых. Достаточное условие Якоби. Достаточные условия Лежандра.

10. "Достаточные условия экстремума функционала"

Достаточные условия Вейерштрасса. Достаточные условия Лежандра. Фигуратриса. Достаточное условие минимума.

11. "Достаточные условия экстремума"

Слабый экстремум. Условие Якоби. Сильный экстремум.

12. "Условный экстремум"

Изопериметрическая задача. Задача Лагранжа при наличии связей. Геодезические линии.

13. "Вариационные методы в оптимальном управлении"

Постановка задачи оптимального управления. Задача Лагранжа в форме Понтрягина. Задачи с ограничениями в классическом вариационном исчислении.

14. "Контрольная работа № 1"

Простейшая задача вариационного исчисления. Обобщения простейшей задачи вариационного исчисления. Поле экстремалей. Достаточные условия экстремума функционала. Условный экстремум.

15. "Прямые методы вариационного исчисления"

Операторное уравнение. Вариационное уравнение. Построение функционала по вариационному уравнению. Выпуклость функционала.

16. "Вариационные задачи с подвижными границами"

Простейшая задача с подвижными границами. Задача с подвижными границами. Геодезическое расстояние.

17. "Методы решения вариационных задач"

Минимизирующие последовательности. Методы приближенного решения вариационных задач. Собственные значения симметрического оператора. Приближенное решение задачи на собственные значения.

18. "Разрывные задачи. Односторонние вариации"

Разрывные задачи первого рода. Разрывные задачи второго рода. Односторонние вариации.

19. **"Теория Гамильтона-Якоби. Вариационные принципы механики"**

Каноническая форма уравнений Эйлера. Уравнения Гамильтона-Якоби. Теорема Якоби. Вариационные принципы механики.

20. **"Двойственные вариационные задачи"**

Альтернативные функционалы. Оценка погрешности приближенного решения.

21. **"Прямые методы вариационного исчисления"**

Конечно-разностный метод Эйлера. Метод Рунге. Метод Канторовича.

22. **"Приложения вариационных методов"**

Принцип Гамильтона. Колебания струны. Колебания мембраны. Уравнения движения идеальной жидкости. Аэродинамическая задача Ньютона. Вопросы устойчивости конструкций.

23. **"Вариационные методы нахождения собственных значений и собственных функций"**

Задача Штурма-Лиувилля. Принцип Релея.

24. **"Контрольная работа № 2"**

Вариационные задачи с подвижными границами. Разрывные задачи. Односторонние вариации. Теория Гамильтона-Якоби. Вариационные принципы механики. Прямые методы вариационного исчисления. Вариационные методы нахождения собственных значений и собственных функций.

5. Учебно-методическое обеспечение и планирование самостоятельной работы обучающихся

Таблица 4

№ темы	Темы	Формы СРС, включая требования к подготовке к занятиям
1.	Задачи, приводящие к вариационным проблемам	Чтение основной и дополнительной литературы, проработка лекций
2.	Экстремум функции многих переменных	Чтение основной и дополнительной литературы, проработка лекций
3.	Экстремумы функционалов	Чтение основной и дополнительной литературы, проработка лекций
4.	Вариационные задачи с фиксированными границами	Чтение основной и дополнительной литературы, проработка лекций
5.	Простейшая задача вариационного исчисления	Чтение основной и дополнительной литературы, проработка лекций
6.	Обобщения простейшей задачи вариационного исчисления	Чтение основной и дополнительной литературы, проработка лекций
7.	Задачи на условный экстремум	Чтение основной и дополнительной литературы, проработка лекций
8.	Поле экстремалей	Чтение основной и дополнительной литературы, проработка лекций
9.	Достаточные условия экстремума функционала	Чтение основной и дополнительной литературы, проработка лекций
10.	Достаточные условия экстремума	Чтение основной и дополнительной литературы, проработка лекций

11.	Условный экстремум	Чтение основной и дополнительной литературы, проработка лекций
12.	Вариационные методы в оптимальном управлении	Чтение основной и дополнительной литературы, проработка лекций
13.	Контрольная работа № 1	Чтение основной и дополнительной литературы, проработка лекций
14.	Прямые методы вариационного исчисления	Чтение основной и дополнительной литературы, проработка лекций
15.	Вариационные задачи с подвижными границами	Чтение основной и дополнительной литературы, проработка лекций
16.	Методы решения вариационных задач	Чтение основной и дополнительной литературы, проработка лекций
17.	Разрывные задачи. Односторонние вариации	Чтение основной и дополнительной литературы, проработка лекций
18.	Теория Гамильтона-Якоби. Вариационные принципы механики	Чтение основной и дополнительной литературы, проработка лекций
19.	Двойственные вариационные задачи	Чтение основной и дополнительной литературы, проработка лекций
20.	Вариационные методы нахождения собственных значений и собственных функций	Чтение основной и дополнительной литературы, проработка лекций
21.	Приложения вариационных методов	Чтение основной и дополнительной литературы, проработка лекций
22.	Контрольная работа № 2	Чтение основной и дополнительной литературы, проработка лекций

6. Промежуточная аттестация по дисциплине

6.1. Оценочные материалы для проведения промежуточной аттестации по дисциплине

Экзамен проходит в виде собеседования по вопросам билета. Билет состоит из двух вопросов и задачи. Ответ на каждый вопрос и решение задачи оценивается по пятибалльной системе. Результирующая оценка рассчитывается как среднее арифметическое полученных оценок.

Примерные вопросы для подготовки к экзамену:

1. Экстремум функции многих переменных. Безусловный экстремум.
2. Экстремум функции многих переменных. Достаточные условия строгого экстремума.
3. Метод наискорейшего спуска.
4. Экстремум функции многих переменных. Условный экстремум.
5. Метод множителей Лагранжа.
6. Функционал. Вариация функционал и ее свойства.
7. Функционал. Необходимое условие экстремума.
8. Уравнение Эйлера.
9. Простейшие случаи интегрируемости уравнения Эйлера.
10. Вариационные задачи в параметрической форме.
11. Функционалы, зависящие от производных высших порядков.
12. Функционалы, зависящие от нескольких функций.
13. Функционалы, зависящие от функций нескольких переменных.

14. Поле экстремалей. Семейство однопараметрических кривых.
15. Поле экстремалей. Достаточное условие Якоби.
16. Поле экстремалей. Достаточные условия Лежандра.
17. Достаточные условия Вейерштрасса.
18. Достаточные условия Лежандра.
19. Фигуратриса.
20. Достаточное условие минимума.
21. Условный экстремум.
22. Изопериметрическая задача.
23. Задача Лагранжа при наличии связей.
24. Геодезические линии.
25. Простейшая задача с подвижными границами.
26. Задача с подвижными границами.
27. Геодезическое расстояние.
28. Разрывные задачи первого рода.
29. Разрывные задачи второго рода.
30. Односторонние вариации.
31. Каноническая форма уравнений Эйлера.
32. Уравнения Гамильтона-Якоби. Теорема Якоби.
33. Вариационные принципы механики.
34. Конечно-разностный метод Эйлера.
35. Метод Рунге.
36. Метод Канторовича.
37. Задача Штурма-Лиувилля.
38. Принцип Релея.

Примерные задания для подготовки к экзамену и контрольным работам:

1. Решить простейшую задачу классического вариационного исчисления

$$\int_0^1 (t^2 \dot{x}^2 + 12x^2) dt \rightarrow \text{extr}, \quad x(0) = 0, \quad x(1) = 1.$$

2. Решить задачу Больца

$$\int_0^1 \dot{x}^2 dt + 4x^2(0) - 5x^2(1) \rightarrow \text{extr}.$$

3. Решить задачу с подвижными концами

$$\int_0^1 (\dot{x}^2 + x^2) dt \rightarrow \text{extr}, \quad x(1) = 0.$$

4. Решить изопериметрическую задачу

$$\int_0^1 t^3 \dot{x}^2 dt \rightarrow \text{extr}, \quad \int_1^2 x dt = 2, \quad x(1) = 4, \quad x(2) = 1.$$

5. Решить задачу Лагранжа

$$\int_0^1 (x^2 + u^2) dt \rightarrow \text{extr}, \quad \dot{x} = x + u, \quad x(1) = 1.$$

6.2. Критерии оценивания компетенций

Таблица 5

Карта критериев оценивания компетенций

№ п/п	Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенций, соотнесенные с планируемыми результатами обучения	Оценочные материалы	Критерии оценивания
1	ОПК-2 способен применять методы математического анализа, моделирования, оптимизации и статистики для решения задач, возникающих в ходе профессиональной деятельности	<p>Пороговый уровень освоения ОП (удовл.): <i>Знает:</i> успешно, но не систематически математические методы решения профессиональных задач, основные приемы обработки экспериментальных данных. <i>Умеет:</i> фрагментарно применять методы математического анализа при решении инженерных задач.</p> <p>Базовый уровень (хор.): <i>Знает:</i> с отдельными пробелами математические методы решения профессиональных задач, основные приемы обработки экспериментальных данных. <i>Умеет:</i> в целом успешно, но с отдельными пробелами применять методы математического анализа при решении инженерных задач; использовать навыки аналитического и численного решения.</p> <p>Повышенный уровень (отл.): <i>Знает:</i> основные разделы математики: аналитическая геометрия и линейная алгебра, ряды, дифференциальные уравнения; элементы теории вероятностей, основы математической статистики; основы обработки экспериментальных данных. <i>Умеет:</i> применять методы математического анализа при решении инженерных задач.</p>	Контрольная работа, экзамен	Текущий и промежуточный контроль освоения и усвоения материала дисциплины осуществляется в рамках традиционной (5-балльной) системы оценок. Оценка выполнения студентом контрольной работы зависит от числа правильно выполненных заданий. Экзаменационная оценка студента в рамках традиционной системы оценок выставляется на основе ответа студентом на теоретические вопросы и решения задач и/или тестовых заданий. Эта оценка характеризует уровень знаний, приобретенных студентом в ходе изучения дисциплины.

7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

7.1. Основная литература:

1. Коган, Е.А. Обыкновенные дифференциальные уравнения и вариационное исчисление / Е.А. Коган. — Москва: ИНФРА-М, 2020. — 293 с. — Текст: электронный. — URL: <https://znanium.com/catalog/document?id=357263> (дата обращения: 01.04.2021). — Режим доступа: по подписке.

2. Кристалинский, Р.Е. Решение вариационных задач строительной механики в системе МАТЕМАТИКА: учебное пособие / Р.Е. Кристалинский, Н.Н. Шапошников. — Санкт-Петербург: Лань, 2010. — 240 с. — ISBN 978-5-8114-0924-2. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/211> (дата обращения: 01.04.2021).

3. Казанцева, Т.Е. Дифференциальные уравнения: учебно-методическое пособие / Т.Е. Казанцева. — Тюмень: ТюмГУ, [б. г.]. — Часть 1: Дифференциальные уравнения первого порядка — 2019. — 48 с. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/122132> (дата обращения: 01.04.2021). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

7.2. Дополнительная литература:

1. Егоров, А.И. Теорема Коши и особые решения дифференциальных уравнений [Электронный ресурс] / А.И. Егоров. — Москва: ФИЗМАТЛИТ, 2008. — 256 с. — ISBN 978-5-9221-0942-0. — Текст: электронный. — URL: <https://znanium.com/catalog/product/544694> (дата обращения: 01.04.2021). — Режим доступа: по подписке.

2. Киселев, Д.М. Элементы теории обыкновенных дифференциальных уравнений: учебно-методическое пособие / Д.М. Киселев. — Москва: МГАВТ, 2001. — 39 с. — Текст: электронный. — URL: <https://znanium.com/catalog/product/522813> (дата обращения: 01.04.2021). — Режим доступа: по подписке.

3. Белов, Ю.Я. Аппроксимация и корректность краевых задач для дифференциальных уравнений [Электронный ресурс]: учеб. пос. / Ю.Я. Белов, Р.В. Сорокин, И.В. Фроленков. — Красноярск: Сиб. Федер. ун-т, 2012. — 172 с. — ISBN 978-5-7638-2499-5. — Текст: электронный. — URL: <https://znanium.com/catalog/product/491959> (дата обращения: 01.04.2021). — Режим доступа: по подписке.

7.3. Интернет-ресурсы:

—

7.4. Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы:

eLIBRARY — Научная электронная библиотека (Москва) — <http://elibrary.ru>.

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

– Лицензионное ПО, в том числе отечественного производства:

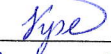
платформа для электронного обучения Microsoft Teams, офисный пакет Microsoft Office, Maple.

9. Технические средства и материально-техническое обеспечение дисциплины

Аудитория с доской и мультимедийным оборудованием для лекционных и практических занятий.

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«ТЮМЕНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

УТВЕРЖДАЮ
Заместитель директора
Физико-технического института
по учебной работе


_____ С.А. Креков
« 23 » _____ 06. _____ 2021 г.

ВЫСШАЯ МАТЕМАТИКА
Рабочая программа дисциплины
для обучающихся по направлению подготовки
16.03.01 Техническая физика
Профиль: Техническая физика в нефтегазовых технологиях
форма обучения: очная

Казанцева Т.Е. Высшая математика. Рабочая программа дисциплины для обучающихся по направлению подготовки 16.03.01 Техническая физика, профиль Техническая физика в нефтегазовых технологиях, форма обучения очная. Тюмень, 2021.

Рабочая программа дисциплины опубликована на сайте ТюмГУ:
<https://www.utmn.ru/sveden/education/#>.

1. Пояснительная записка

Цель учебного курса — изучение основ дифференциальных уравнений и тензорного анализа, необходимых для решения теоретических и практических задач технической физики.

Задачи:

- формирование у студентов представления об основных понятиях дифференциальных уравнений и тензорного анализа;
- овладение навыками преобразования компонент тензора при преобразованиях пространства;
- овладение навыками решения некоторых дифференциальных уравнений и систем дифференциальных уравнений;
- познакомить студентов с некоторыми примерами применения дифференциальных уравнений и тензорного исчисления (анализа) при решении различных задач теоретической механики, физики, некоторых задач механики сплошной среды.

1.1. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Данная дисциплина входит в блок Б1 Дисциплины (модули), обязательная часть.

Для ее успешного изучения необходимы знания, приобретенные в результате освоения предшествующих дисциплин «Введение в математический анализ», «Математический анализ», «Линейная алгебра и аналитическая геометрия».

1.2. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения данной дисциплины

Таблица 1

Код и наименование компетенции (из ФГОС ВО)	Код и наименование части компетенции	Планируемые результаты обучения (знаниевые/функциональные)
ОПК-2: способен применять методы математического анализа, моделирования, оптимизации и статистики для решения задач, возникающих в ходе профессиональной деятельности	–	<p>Знает</p> <ul style="list-style-type: none"> • основные понятия, определения и теоремы теории дифференциальных уравнений; • методы решений изученных дифференциальных уравнений и систем; • основные понятия, определения и теоремы тензорного исчисления
		<p>Умеет</p> <ul style="list-style-type: none"> • применять знания о дифференциальных уравнениях и тензорном исчислении при создании математических моделей типовых задач; • решать прикладные задачи, используя аппарат тензорного исчисления и дифференциальных уравнений; • интерпретировать полученные результаты с учетом границ применимости моделей

2. Структура и объем дисциплины

Вид учебной работы	Всего часов (академические часы)	Часов в семестре (академические часы)
		4 семестр
Общий объем зач. ед. час	6	6
	216	216
Из них:		
Часы контактной работы (всего):	104	104
Лекции	34	34
Практические занятия	68	68
Лабораторные / практические занятия по подгруппам	0	0
Консультации и иная контактная работа	2	2
Часы внеаудиторной работы, включая самостоятельную работу обучающегося	112	112
Вид промежуточной аттестации		Экзамен

3. Система оценивания

Для текущего контроля применяется 100-балльная система оценивания. Баллы начисляются студентам за следующие активности:

- посещение лекций и написание конспектов;
- работа на практическом занятии (не включая контрольные работы);
- выполнение контрольных работ.

Результаты текущего контроля учитываются при промежуточной аттестации (экзамен). Студенты, набравшие от 61 до 75 баллов за семестр, получают оценку "удовлетворительно". Студенты, набравшие от 76 до 91 баллов за семестр, получают оценку "хорошо". Студенты, набравшие от 91 до 100 баллов за семестр, получают оценку "отлично".

Студенты, не набравшие 61 балл, на экзамене получают два теоретических вопроса (один по теме "Дифференциальные уравнения", второй по теме "Тензорное исчисление") и одну задачу. На теоретические вопросы студент отвечает письменно, затем экзаменатор проводит с ним собеседование по эти вопросам. За ответ и собеседование по каждому теоретическому вопросу студент может получить от 0 до 30 баллов. За решение задачи и собеседование по ней студент получает от 0 до 40 баллов. Полученные баллы суммируются, и студенты, набравшие от 61 до 75 баллов, получают оценку "удовлетворительно"; студенты, набравшие от 76 до 91 баллов, получают оценку "хорошо", студенты, набравшие от 91 до 100 баллов, получают оценку "отлично".

Студенты, желающие повысить оценку, полученную по результатам текущего контроля, сдают экзамен таким же образом.

4. Содержание дисциплины

4.1. Тематический план дисциплины

Таблица 3

№ п/п	Наименование тем и/или разделов	Объем дисциплины, час.				
		Всего	Виды аудиторной работы (академические часы)			Консультации и иная контактная работа
			Лекции	Практические занятия	Лабораторные/ практические занятия по подгруппам	
1	2	3	4	5	6	7
1.	Обыкновенные дифференциальные уравнения первого порядка, разрешенные относительно производной	36	6	12	0	0
2.	Обыкновенные дифференциальные уравнения первого порядка, не разрешенные относительно производной	16	2	6	0	0
3.	Линейные дифференциальные уравнения и системы	36	6	10	0	0
4.	Основы теории устойчивости	14	2	4	0	0
5.	Уравнения в частных производных первого порядка	14	2	4	0	0
6.	Вектор и вектор-функция	38	6	12	0	0
7.	Тензоры	28	4	10	0	0
8.	Основы векторного и тензорного анализа	32	6	10	0	0
	Экзамен	2	0	0	0	2
	Итого (часов)	216	34	68	0	2

4.2. Содержание дисциплины по темам

1. Обыкновенные дифференциальные уравнения первого порядка, разрешенные относительно производной

Обыкновенные дифференциальные уравнения, основные понятия и определения. Физические задачи, приводящие к дифференциальным уравнениям. Дифференциальные уравнения первого порядка. Геометрическая интерпретация. Задача Коши.

Дифференциальные уравнения с разделяющимися переменными. Однородные дифференциальные уравнения и приводящиеся к ним. Линейные дифференциальные уравнения первого порядка, их решение методом Бернулли и методом вариации произвольной постоянной. Уравнения Бернулли и Риккати. Уравнение в полных дифференциалах. Признак уравнения в полных дифференциалах, построение общего интеграла. Интегрирующий множитель. Геометрические и физические задачи, приводящие к ОДУ 1-го порядка. Теорема существования и единственности решения задачи Коши для дифференциальных уравнений первого порядка.

2. Обыкновенные дифференциальные уравнения первого порядка, не разрешенные относительно производной

Общие понятия. Теорема существования и единственности решения задачи Коши. Особые решения ОДУ 1-го порядка. Огибающая семейства интегральных кривых. Метод введения параметра. Уравнения Лагранжа и Клеро.

3. Линейные дифференциальные уравнения и системы

Определитель Вронского. Признак линейной независимости решения линейного однородного уравнения. Формула Остроградского-Лиувилля. Фундаментальная система решений. Структура решения нелинейных ОДУ. Линейные однородные дифференциальные уравнения с постоянными коэффициентами. Метод Эйлера. Линейные неоднородные дифференциальные уравнения с постоянными коэффициентами. Метод неопределенных коэффициентов. Метод вариации произвольных постоянных. Механическое истолкование линейного ДУ второго порядка и его решения.

Нормальная система дифференциальных уравнений. Автономные системы. Теорема существования и единственности решения задачи Коши. Механическое истолкование нормальной системы и ее решения. Системы линейных дифференциальных уравнений, свойства решений. Построение общего решения однородной линейной системы по фундаментальной системе решений. Однородные линейные системы дифференциальных уравнений с постоянными коэффициентами. Метод Эйлера. Неоднородные линейные системы дифференциальных уравнений с постоянными коэффициентами. Метод вариации.

4. Основы теории устойчивости

Непрерывная зависимость решения задачи Коши от начальных данных. Устойчивость по Ляпунову. Исследование на устойчивость по линейному приближению. Исследование траекторий в окрестности точки покоя. Типы особых точек для системы двух уравнений.

5. Уравнения в частных производных первого порядка

Уравнения в частных производных первого порядка, основные понятия и определения. Теорема существования и единственности решения уравнений. Линейные и квазилинейные уравнения в частных производных первого порядка.

6. Вектор и вектор-функция

Основные понятия и определения: вектор; нулевой вектор; равные вектора; свободный, скользящий и связанный вектор. Основные действия над векторами и их свойства (коммутативность, ассоциативность, дистрибутивность): сложение конечного числа векторов; умножение вектора на скаляр; вычитание векторов. Проекция вектора на ось; орт; проекция на ось суммы векторов. Линейная зависимость векторов. Коллинеарные, компланарные вектора. Понятие векторного базиса. Разложение вектора. Векторный базис в декартовой и криволинейной системах координат. Прямое и обратное преобразования векторов с общим началом. Запись в индексной форме. Скалярное, векторное произведение векторов. Работа силы, приложенной к точке. Произведение трех векторов: смешанное, двойное векторное. Взаимные векторные базисы. Ковариантные и контравариантные координаты вектора. Индексные обозначения ко- и контравариантных компонент вектора. Понятие «немого» индекса. Правило суммирования по индексам. Физические координаты вектора. Связь между ко- и контравариантными компонентами вектора.

Метрический тензор. Коэффициенты Ламе. Понятие вектор-функции. Годограф вектор-функции. Производная вектор-функции, правила дифференцирования. Интегрирование вектор-функции. Выражение скалярного произведения через ко- и контравариантные компоненты. Выражение векторного произведения двух векторов в косоугольной системе координат. Углы Эйлера. Задача о распределении скоростей точек твердого тела, имеющего неподвижную точку. Задача о независимости дипольного момента нейтральной системы от начала, относительно которого он вычисляется. Задача о выражении дипольного момента через центры систем зарядов, составляющих нейтральную систему. Задача о столкновении частиц с одинаковыми массами. Задача о столкновении частиц с разными массами. Задача о траектории материальной точки, движущейся под действием Ньютоновской силы притяжения.

7. Тензоры.

Понятие тензора. Ранг тензора. Свойство инвариантности. Скаляр как тензор нулевого ранга. Вектор как тензор первого ранга. Примеры тензоров первого ранга. Преобразование компонент вектора. Тензор третьего ранга. Примеры тензоров третьего ранга (тензор напряжений, тензор деформаций, тензор моментов инерции, тензор скоростей деформаций). Определение тензора произвольного порядка. Преобразование компонент тензора при повороте плоскости вокруг перпендикулярной оси. Тензорное уравнение. Инвариантность тензорного уравнения.

Тензор в обобщенных координатах. Криволинейные координаты. Тензоры в криволинейных системах координат. Сложение, умножение, свертывание тензоров.

Поднимание/опускание индексов. Подстановка индексов. Симметричный, антисимметричный тензор. Симметрирование, альтернирование тензоров. Метрический тензор. Понятие главной оси тензора. Приведение тензора к главным осям. Тензорный эллипсоид. Инварианты тензора. Понятие девиатора. Разложение тензора на девиатор и шаровой тензор.

8. Основы векторного и тензорного анализа

Понятие тензорной функции скалярного аргумента. Дифференцирование тензор-функции. Понятие тензорного поля, примеры тензорных полей. Непрерывность тензорного поля. Действия над тензорными полями. Понятие циркуляции векторного поля. Скалярное поле. Производная по направлению, градиент скалярного поля. Свойства градиента скалярного поля. Дифференциальный оператор «набла». Векторное поле. Векторные линии, примеры. Дифференциальное уравнение векторной линии. Поток векторного поля. Задача об определении количества жидкости, протекающего в единицу времени через кусок гладкой поверхности. Дивергенция векторного поля. Теорема Остроградского. Дивергенция поля скорости жидкости. Уравнения неразрывности. Вихрь векторного поля. Теорема Стокса. Потенциальное векторное поле, примеры. Необходимое и достаточное условие потенциальности векторного поля. Соленоидальное векторное поле, примеры. Необходимое и достаточное условие соленоидальности векторного поля. Лапласово векторное поле. Потенциал лапласова векторного поля. Понятие гармонической функции. Свойства гармонических функций. Задача Дирихле. Задача Неймана. Теорема о разложении непрерывного векторного поля на потенциальное и соленоидальное. Дифференцирование векторного поля по направлению. Дифференциальные операторы. Действия с дифференциальными операторами. Дифференциальные операторы в криволинейных координатах. Понятие поля тензора второго ранга. Поток тензорного поля, примеры (поток тензора напряжений в упругой среде, поток единичного тензора через замкнутую поверхность). Дивергенция тензорного поля. Дифференцирование тензорного поля по направлению. Ковариантное дифференцирование тензора. Применение ковариантного дифференцирования в механике и физике. Символы Кристоффеля 2-го рода. Символы Кристоффеля 1-го рода. Свойства символов Кристоффеля. Связь между символами Кристоффеля 1-го и 2-го рода. Теорема Риччи о равенстве нулю ковариантной производной

метрического тензора. Интегральные теоремы векторного и тензорного анализа, их применение в физике и механике.

Планы практических занятий

Тема 1. Обыкновенные дифференциальные уравнения первого порядка, разрешенные относительно производной

1. Дифференциальные уравнения с разделяющимися переменными. Задача Коши.
2. Однородные дифференциальные уравнения и приводящиеся к ним.
3. Линейные дифференциальные уравнения первого порядка, их решение методом Бернулли и методом вариации произвольной постоянной.
4. Уравнения Бернулли и Риккати.
5. Уравнение в полных дифференциалах. Интегрирующий множитель.
6. Геометрические и физические задачи, приводящие к ОДУ 1-го порядка.

Тема 2. Обыкновенные дифференциальные уравнения первого порядка, не разрешенные относительно производной

1. Метод введения параметра. Особые решения.
2. Уравнения Лагранжа и Клеро.
3. Контрольная работа № 1 по темам "Обыкновенные дифференциальные уравнения первого порядка, разрешенные относительно производной", "Обыкновенные дифференциальные уравнения первого порядка, не разрешенные относительно производной".

Тема 3. Линейные дифференциальные уравнения и системы

1. Линейные однородные дифференциальные уравнения с постоянными коэффициентами. Метод Эйлера.
2. Линейные неоднородные дифференциальные уравнения с постоянными коэффициентами. Метод неопределенных коэффициентов. Метод вариации произвольных постоянных.
3. Однородные линейные системы дифференциальных уравнений с постоянными коэффициентами. Случай действительных различных собственных значений. Случай комплексно-сопряженных собственных значений.
4. Однородные линейные системы дифференциальных уравнений с постоянными коэффициентами. Случай кратных собственных значений. Смешанные задачи.
5. Неоднородные линейные системы дифференциальных уравнений с постоянными коэффициентами. Метод вариации произвольных постоянных.

Тема 4. Основы теории устойчивости

1. Устойчивость по Ляпунову. Исследование на устойчивость по линейному приближению.
2. Исследование траекторий в окрестности точки покоя. Типы особых точек для системы двух уравнений.

Тема 5. Уравнения в частных производных первого порядка

1. Уравнения в частных производных первого порядка.
2. Контрольная работа № 2 по темам "Линейные дифференциальные уравнения и системы с постоянными коэффициентами", "Основы теории устойчивости", "Уравнения в частных производных первого порядка".

Тема 6. Вектор и вектор-функция

1. Основные действия над векторами и их свойства Проекция вектора на ось; орт; проекция на ось суммы векторов. Линейная зависимость векторов. Коллинеарные, компланарные вектора. Понятие векторного базиса. Разложение вектора. Векторный базис в декартовой и криволинейной системах координат.
2. Скалярное, векторное произведение векторов. Работа силы, приложенной к точке. Произведение трех векторов: смешанное, двойное векторное.

3. Взаимные векторные базисы. Ковариантные и контравариантные координаты вектора.
4. Метрический тензор. Коэффициенты Ламе.
5. Понятие вектор-функции. Годограф вектор-функции. Производная вектор-функции, правила дифференцирования. Интегрирование вектор-функции. Задача о распределении скоростей точек твердого тела, имеющего неподвижную точку. Задача о независимости дипольного момента нейтральной системы от начала, относительно которого он вычисляется.
6. Задача о выражении дипольного момента через центры систем зарядов, составляющих нейтральную систему. Задача о столкновении частиц с одинаковыми массами. Задача о столкновении частиц с разными массами. Задача о траектории материальной точки, движущейся под действием Ньютоновской силы притяжения.

Тема 7. Тензоры

1. Понятие тензора. Ранг тензора. Преобразование компонент тензора при повороте плоскости вокруг перпендикулярной оси. Тензорное уравнение. Инвариантность тензорного уравнения.
2. Тензор в обобщенных координатах. Криволинейные координаты. Тензоры в криволинейных системах координат.
3. Сложение, умножение, свертывание тензоров. Поднимание/опускание индексов. Подстановка индексов. Симметрирование, альтернирование тензоров. Понятие главной оси тензора.
4. Приведение тензора к главным осям. Инварианты тензора. Разложение тензора на девиатор и шаровой тензор.
5. Контрольная работа № 3 по темам "Вектор и вектор-функция", "Тензоры".

Тема 8. Основы векторного и тензорного анализа

1. Циркуляция векторного поля. Производная по направлению, градиент скалярного поля. Поток векторного поля. Дивергенция векторного поля. Теорема Остроградского. Вихрь векторного поля.
2. Теорема Стокса. Необходимое и достаточное условие потенциальности векторного поля. Необходимое и достаточное условие соленоидальности векторного поля. Лапласово векторное поле. Дифференцирование векторного поля по направлению.
3. Дифференциальные операторы. Действия с дифференциальными операторами. Дифференциальные операторы в криволинейных координатах.
4. Интегральные теоремы векторного и тензорного анализа, их применение в физике и механике.
5. Контрольная работа № 4 по теме "Основы векторного и тензорного анализа".

5. Учебно-методическое обеспечение и планирование самостоятельной работы обучающихся

Таблица 4

№ темы	Темы	Формы СРС, включая требования к подготовке к занятиям
1.	Обыкновенные дифференциальные уравнения первого порядка, разрешенные относительно производной	Проработка лекций, чтение основной и дополнительной литературы, решение задач
2.	Обыкновенные дифференциальные уравнения первого порядка, не разрешенные относительно производной	Проработка лекций, чтение основной и дополнительной литературы, решение задач

3.	Линейные дифференциальные уравнения и системы	Проработка лекций, чтение основной и дополнительной литературы, решение задач
4.	Основы теории устойчивости	Проработка лекций, чтение основной и дополнительной литературы, решение задач
5.	Уравнения в частных производных первого порядка	Проработка лекций, чтение основной и дополнительной литературы, решение задач
6.	Вектор и вектор-функция	Проработка лекций, чтение основной и дополнительной литературы, решение задач
7.	Тензоры	Проработка лекций, чтение основной и дополнительной литературы, решение задач
8.	Основы векторного и тензорного анализа	Проработка лекций, чтение основной и дополнительной литературы, решение задач

6. Промежуточная аттестация по дисциплине

6.1. Оценочные материалы для проведения промежуточной аттестации по дисциплине

Форма промежуточной аттестации — экзамен.

Экзамен проходит в виде собеседования по вопросам билета. Билет состоит из двух вопросов и задачи. Ответ на каждый вопрос и решение задачи оценивается по пятибалльной системе. Результирующая оценка рассчитывается как среднее арифметическое полученных оценок.

Если в течение семестра студент получил оценки "отлично" за две контрольные работы, то он получает оценку "отлично" без сдачи экзамена. Если за одну работу получена оценка "хорошо", а за другую "отлично", то студент может на выбор: получить оценку "хорошо" или сдать экзамен (без сохранения оценки).

Примерный список вопросов для подготовки к экзамену:

1. Дифференциальные уравнения первого порядка, основные понятия, их геометрическая интерпретация. Задача Коши. Примеры.
2. Дифференциальные уравнения с разделяющимися переменными и приводящиеся к ним. Примеры.
3. Однородные дифференциальные уравнения. Дифференциальные уравнения, приводящиеся к однородным. Примеры.
4. Линейные дифференциальные уравнения первого порядка. Метод Бернулли. Метод вариации произвольной постоянной. Примеры.
5. Уравнения Бернулли и Риккати. Примеры.
6. Уравнение в полных дифференциалах. Интегрирующий множитель.
7. Теорема существования и единственности для дифференциальных уравнений первого порядка, разрешенных относительно производной. Примеры.
8. Дифференциальные уравнения, не разрешенные относительно производной. Метод введения параметра. Примеры.
9. Уравнения Лагранжа и Клеро. Примеры.
10. Теорема существования и единственности для дифференциальных уравнений первого порядка, не разрешенных относительно производной. Нахождение особых решений уравнения. Огибающая семейства интегральных кривых. Примеры.
11. Дифференциальное уравнение n -го порядка, его общее и частное решения. Достаточные условия существования и единственности решения задачи Коши. Примеры.
12. Однородные линейные уравнения n -го порядка. Линейный оператор. Фундаментальная система решений. Построение общего решения по фундаментальной системе решений.
13. Однородные линейные дифференциальные уравнения с постоянными коэффициентами, их решение методом Эйлера. Примеры.

14. Неоднородные линейные дифференциальные уравнения n -го порядка, их решение методом вариации произвольных постоянных. Примеры.
15. Неоднородные линейные дифференциальные уравнения n -го порядка с постоянными коэффициентами. Решение методом неопределенных коэффициентов. Примеры.
16. Нормальная система дифференциальных уравнений, ее механическое истолкование. Интегрирование систем дифференциальных уравнений методом исключения. Примеры.
17. Фундаментальная система решений и построение общего решения однородной линейной системы дифференциальных уравнений. Примеры.
18. Однородные линейные системы с постоянными коэффициентами, их решение методом Эйлера.
19. Неоднородные линейные системы с постоянными коэффициентами, их решение методом вариации произвольных постоянных. Примеры.
20. Устойчивость и асимптотическая устойчивость по Ляпунову решения начальной задачи системы дифференциальных уравнений. Исследование на устойчивость по первому приближению.
21. Устойчивость и асимптотическая устойчивость по Ляпунову решения начальной задачи системы дифференциальных уравнений. Исследование траекторий в окрестности точки покоя. Типы точек покоя (особых точек) для системы двух уравнений.
22. Линейные и квазилинейные уравнения в частных производных первого порядка.
23. Взаимные векторные базисы. Ковариантные и контравариантные координаты вектора.
24. Связь между ко- и контравариантными компонентами вектора.
25. Метрический тензор. Коэффициенты Ламе.
26. Понятие вектор-функции. Годограф вектор-функции. Производная вектор-функции, правила дифференцирования. Интегрирование вектор-функции.
27. Выражение скалярного произведения через ко- и контравариантные компоненты. Выражение векторного произведения двух векторов в косоугольной системе координат. Углы Эйлера.
28. Понятие тензора. Ранг тензора. Свойство инвариантности.
29. Определение тензора произвольного порядка.
30. Преобразование компонент тензора при повороте плоскости вокруг перпендикулярной оси.
31. Тензор в обобщенных координатах.
32. Криволинейные координаты. Тензоры в криволинейных системах координат.
33. Действия над тензорами.
34. Метрический тензор.
35. Понятие главной оси тензора. Приведение тензора к главным осям. Тензорный эллипсоид.
36. Инварианты тензора. Понятие девиатора. Разложение тензора на девиатор и шаровой тензор.
37. Понятие тензорной функции скалярного аргумента. Действия над тензорными полями.
38. Понятие циркуляции векторного поля.
39. Скалярное поле. Производная по направлению, градиент скалярного поля.
40. Векторное поле. Поток векторного поля.
41. Теорема Остроградского.
42. Вихрь векторного поля.
43. Теорема Стокса.
44. Потенциальное векторное поле, примеры. Необходимое и достаточное условие потенциальности векторного поля.

45. Соленоидальное векторное поле, примеры. Необходимое и достаточное условие соленоидальности векторного поля.
46. Лапласово векторное поле. Потенциал лапласова векторного поля.
47. Теорема о разложении непрерывного векторного поля на потенциальное и соленоидальное.
48. Дифференцирование векторного поля по направлению.
49. Поток тензорного поля.
50. Дивергенция тензорного поля.
51. Дифференцирование тензорного поля по направлению.
52. Символы Кристоффеля 2-го рода.
53. Символы Кристоффеля 1-го рода. Свойства символов Кристоффеля.
54. Связь между символами Кристоффеля 1-го и 2-го рода.
55. Теорема Риччи о равенстве нулю ковариантной производной метрического тензора.
56. Теорема о полярном разложении.

Примерные задания для подготовки к экзамену и контрольным работам:

1. Решить задачу Коши $\dot{y} = 1 + x + y + xy$, $y(0) = 1$
2. Решить уравнение $x\dot{y} - y = x \cdot \tan \frac{y}{x}$
3. Решить задачу Коши $\dot{y} - \frac{y}{x+2} = x^2 + 2x$, $y(-1) = 1,5$
4. Решить уравнение $(x + y^2)dx - 2xydy = 0$
5. Решить уравнение $\dot{y}^2 - y\dot{y} + e^x = 0$
6. Решить уравнение $x\dot{y} - y = \cos \dot{y} + 2$
7. Решить уравнение $y'' - 2\dot{y} = 3e^{2x} + 6$
8. Решить систему $\begin{cases} x = 3x - 2y \\ y = 4x - y \end{cases}$
9. Решить систему $\begin{cases} x = x - y - \frac{2}{\cos t} \\ y = 2x - y \end{cases}$
10. Найти общее решение уравнения $(x + 2y)\frac{\partial z}{\partial x} - y\frac{\partial z}{\partial y} = 0$
11. Найти все неподвижные точки нелинейной системы, определить их тип и устойчивость по первому приближению $\begin{cases} \dot{x} = y^2 - y \\ \dot{y} = x^2 - y \end{cases}$
12. Исследовать тип неподвижной точки $(0;0)$ системы в зависимости от параметра $\begin{cases} \dot{x} = x + \varepsilon y \\ \dot{y} = \varepsilon x + y \end{cases}$
13. Определить наибольшее возрастание скалярного поля в заданной точке.
14. Найти углы между двумя заданными векторами.
15. Разложить вектор $d = \{1; 2; 3\}$ по векторам $a = \{0; 2; 1\}$, $b = \{5; -3; 0\}$, $c = \{1; 2; -1\}$, проверив, что векторы базисные.
16. Вычислить ротор векторного поля в заданной точке.
17. Найти векторное произведение двух заданных векторов.
18. Вычислить циркуляцию векторного поля вдоль заданной замкнутой кривой.
19. Проверить, является ли поле соленоидальным или потенциальным
20. Разложить векторное поле на потенциальное и соленоидальное векторные поля, восстановить скалярный и векторный потенциалы этих полей.
21. Записать дивергенцию заданного векторного поля в цилиндрической системе координат.
22. Разложить данное векторное поле по векторам основного базиса сферической системы координат.

6.2. Критерии оценивания компетенций

Таблица 5

Карта критериев оценивания компетенций

№ п/п	Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенций, соотнесенные с планируемыми результатами обучения	Оценочные материалы	Критерии оценивания
1	ОПК-2 способен применять методы математического анализа, моделирования, оптимизации и статистики для решения задач, возникающих в ходе профессиональной деятельности	<p>Пороговый уровень освоения ОП (удовл.): <i>Знает:</i> некоторые математические методы решения профессиональных задач, основные приемы обработки экспериментальных данных. <i>Умеет:</i> частично применять методы математического анализа при решении инженерных задач.</p> <p>Базовый уровень (хор.): <i>Знает:</i> основные математические методы решения профессиональных задач, основные приемы обработки экспериментальных данных. <i>Умеет:</i> с небольшими замечаниями применять методы математического анализа при решении инженерных задач; использовать навыки аналитического и численного решения.</p> <p>Повышенный уровень (отл.): <i>Знает:</i> основные понятия, определения и теоремы теории дифференциальных уравнений; методы решений изученных дифференциальных уравнений и систем; основные понятия, определения и теоремы тензорного исчисления <i>Умеет:</i> решать прикладные задачи, используя аппарат</p>	Контрольная работа, устный опрос, решение задач, экзамен	Текущий и промежуточный контроль освоения и усвоения материала дисциплины осуществляется в рамках традиционной (4-балльной) систем оценок. Оценка выполнения студентом контрольной работы зависит от числа правильно выполненных заданий. Экзаменационная оценка студента в рамках традиционной системы оценок выставляется на основе ответа студентом на теоретические вопросы и решения задач и/или тестовых заданий, примерный уровень которых соответствует уровню задач, приведенных в п. «Средства для проведения текущего контроля». Эта оценка характеризует

		тензорного исчисления и дифференциальных уравнений.		уровень знаний, приобретенных студентом в ходе изучения дисциплины.
--	--	---	--	---

7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

7.1. Основная литература:

1. Акивис, М.А. Тензорное исчисление: Учебное пособие / Акивис М.А., Гольдберг В.В., 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: 07.05.2021).

2. Шипачев, В.С. Высшая математика: учебник / В.С. Шипачев. — Москва: ИНФРА-М, 2019. — 479 с. — (Высшее образование). — www.dx.doi.org/10.12737/5394. — ISBN 978-5-16-010072-2. — Текст: электронный. — URL: <https://znanium.com/catalog/product/990716> (дата обращения: 07.05.2021).

7.2. Дополнительная литература:

1. Жукова, Г.С. Дифференциальные уравнения: учебник / Г.С. Жукова. — Москва: ИНФРА-М, 2020. — 504 с. — (Высшее образование: Бакалавриат). — ISBN 978-5-16-015970-6. — Текст: электронный. — URL: <https://znanium.com/catalog/product/1072180> (дата обращения: 07.05.2021).

2. Позднякова, Т.А. Математика. Интегральное исчисление функций нескольких переменных. Элементы векторного анализа: учеб. пособие / Т.А. Позднякова, А.Н. Ботвич. Красноярск: Сиб. федер. ун-т, 2018. — 113 с. — ISBN 978-5-7638-3920-3. — Текст: электронный. — URL: <https://znanium.com/catalog/product/1032165> (дата обращения: 07.05.2021). — Режим доступа: по подписке.

7.3. Интернет-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>

7.4. Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы:

1. ProQuest Dissertations & Theses Global / ФГБУ «Государственная публичная научно-техническая библиотека России». URL: <https://search.proquest.com/index>

2. Национальная электронная библиотека. URL: <https://rusneb.ru>

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

– Лицензионное ПО, в том числе отечественного производства:

1. платформа для электронного обучения Microsoft Teams;
2. Microsoft Word;
3. Microsoft Excel;
4. Microsoft PowerPoint.

– Свободно распространяемое ПО, в том числе отечественного производства:

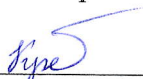
программное обеспечение LibreOffice.

9. Технические средства и материально-техническое обеспечение дисциплины

Аудитория с доской и мультимедийным оборудованием для лекционных и практических занятий.

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«ТЮМЕНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

УТВЕРЖДАЮ
Заместитель директора
Физико-технического института
по учебной работе


_____ С.А. Креков
« 23 » 06. _____ 2021 г.

ИНЖЕНЕРНАЯ И КОМПЬЮТЕРНАЯ ГРАФИКА
Рабочая программа дисциплины
для обучающихся по направлению подготовки
16.03.01 Техническая физика
Профиль: Техническая физика в нефтегазовых технологиях
форма обучения: очная

Германова Т.В., Григорьев Б.В. Инженерная и компьютерная графика. Рабочая программа дисциплины для обучающихся по направлению подготовки 16.03.01 Техническая физика, профиль: Техническая физика в нефтегазовых технологиях, форма обучения очная. Тюмень, 2021.

Рабочая программа дисциплины опубликована на сайте ТюмГУ:
<https://www.utmn.ru/sveden/education/#>.

1. Пояснительная записка

Цель дисциплины «Инженерная и компьютерная графика» заключается в развитии пространственного воображения студентов, умения передать форму и устройство трехмерных технических объектов.

Задачи дисциплины:

1. познакомить студентов с различными методами решения задач инженерной и компьютерной графики;
2. ознакомление студентов с правилами ЕСКД;
3. научить передавать технические формы с помощью двумерного и трехмерного изображения;
4. дать навык выполнения чертежей, эскизов и наглядных изображений отдельных деталей, сборочных единиц и готовых изделий;
5. познакомить студентов с выполнением чертежей на компьютере с помощью программы «Компас-3D».

1.1. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Данная дисциплина входит в блок Б1 Дисциплины (модули), обязательная часть.

Для успешного освоения дисциплины желательно владеть базовым курсом школьной программы по предмету «Черчение».

Знания и навыки, полученные в ходе освоения дисциплины «Инженерная и компьютерная графика», необходимы для решения научно-исследовательских задач в рамках выполнения научно-исследовательской работы (7, 8 семестры) и выпускной квалификационной работы (8 семестр).

1.2. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения данной дисциплины

Таблица 1

Код и наименование компетенции (из ФГОС ВО)	Код и наименование части компетенции	Планируемые результаты обучения (знаниевые/функциональные)
Способен применять методы проведения экспериментов в соответствующей области знаний, оформлять результаты научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ (ПК-1)	–	Знает: основные способы и методы проведения экспериментов в области технической физики; нормативные документы для оформления научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ. Умеет: проводить эксперименты, связанные с технической физикой, а также корректно обрабатывать и оформлять полученные численные/качественные результаты.
Способен самостоятельно работать в средах современных операционных систем, наиболее распространенных прикладных программ и программ компьютерной графики (ОПК-6)	–	Знает: основы черчения, инженерной и компьютерной графики; специализированные пакеты прикладных программ. Умеет: самостоятельно работать на компьютере в средах программ компьютерной графики; решать/анализировать прикладные задачи технической физики с помощью специализированных пакетов прикладных программ.

2. Структура и объем дисциплины

Таблица 2

Вид учебной работы	Всего часов (академические часы)	Часов в семестре (академические часы)
		3 семестр
Общий объем зач. ед. час	6	6
	216	216
Из них:		
Часы контактной работы (всего):	100	100
Лекции	18	18
Практические занятия	46	46
Лабораторные / практические занятия по подгруппам	34	34
Консультации и иная контактная работа	2	2
Часы внеаудиторной работы, включая самостоятельную работу обучающегося	116	116
Вид промежуточной аттестации		Экзамен

3. Система оценивания

3.1. Текущий контроль представляет собой тест и задачи из основных вопросов по текущей тематике. В ходе семестра, студентам предстоит выполнить 3 текущих контроля.

- Текущий контроль № 1 – максимум 3 балла;
- Текущий контроль № 2 – максимум 5 баллов;
- Текущий контроль № 3 – максимум 10 баллов.

В процессе обучения студентам необходимо выполнить три эссе.

- Эссе № 1 – максимум 2 балла;
- Эссе № 2 – максимум 10 баллов;
- Эссе № 3 – максимум 15 баллов.

Задание № 1, 2 – представляет собой чертежное задание по вариантам.

- Задание № 1 – максимум 5 баллов;
- Задание № 2 – максимум 15 баллов.

Помимо возможности набрать баллы на практических занятиях и текущем контроле, у студента есть возможность набрать баллы за выполнение и защиту лабораторных работ.

На занятиях по темам 21-28 (см. п. 4) — 5 баллов. В совокупности за лабораторные работы возможно получить 50 баллов. 5 баллов студенты могут получить в качестве поощрения, за посещение всех лабораторных работ и за своевременную сдачу работ, по усмотрению преподавателя.

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

Форма промежуточной аттестации — экзамен. Студенты, набравшие от 91 до 110 баллов за семестр, получают оценку «удовлетворительно». Студенты, набравшие от 111 до 135 баллов за семестр, получают оценку «хорошо». Студенты, набравшие от 136 до 150 баллов за семестр, получают оценку «отлично».

4. Содержание дисциплины

4.1. Тематический план дисциплины

Таблица 3

№ п/п	Наименование тем и/или разделов	Объем дисциплины, час.				
		Всего	Виды аудиторной работы (академические часы)			Консультации и иная контактная работа
			Лекции	Практические занятия	Лабораторные/практические занятия по подгруппам	
1	2	3	4	5	6	7
1.	Основы инженерной графики	8	2	0	0	0
2.	Комплексный чертеж, основные положения	10	0	4	0	0
3.	Введение в основы черчения	8	0	2	0	0
4.	Проекция на комплексном чертеже	10	2	4	0	0
5.	Масштаб изображения, основные форматы чертежей	8	0	2	0	0
6.	Плоскости общего положения	8	2	2	0	0
7.	Работа с масштабами. Изучение основных типов шрифта	8	0	2	0	0
8.	Положение плоскости на комплексном чертеже	14	2	6	0	0
9.	Пересечение плоскостей. Общие и частные положения	12	2	6	0	0
10.	Типы и способы задания поверхностей	8	2	0	0	0
11.	Задание поверхности. Решение типовых задач	8	0	2	0	0
12.	Виды и разрезы	8	0	2	0	0
13.	Преобразование комплексного чертежа	8	2	4	0	0
14.	АксонOMETрическое проецирование	8	0	2	0	0

15.	Взаимное пересечение геометрических объектов. Метод плоскостей	8	2	0	0	0
16.	Решение типовых задач методом плоскостей	8	0	4	0	0
17.	Изучение основных типов разрезов	8	0	2	0	0
18.	Взаимное пересечение геометрических объектов. Метод сфер	6	2	0	0	0
19.	Решение типовых задач методом сфер	8	0	2	0	0
20.	Введение в основы компьютерной графики	6	0	0	2	0
21.	Проектирование двумерных объектов	6	0	0	4	0
22.	Введение в создание трехмерных объектов	6	0	0	4	0
23.	Создание трехмерных объектов	6	0	0	4	0
24.	Создание сложных объектов	8	0	0	8	0
25.	Поверхности	6	0	0	4	0
26.	Работа с массивами. Масштабирование элементов	6	0	0	4	0
27.	Элементы листового тела	6	0	0	4	0
	Экзамен	2	0	0	0	2
	Итого (часов)	216	18	46	34	2

4.2. Содержание дисциплины по темам

1. «Основы инженерной графики»

Виды проецирования геометрических объектов на плоскость: центральное и ортогональное.

Плоскости проекций комплексного чертежа. Октанты и четверти комплексного чертежа. Координатная сетка.

Точка. Линия. Три проекции точки и линии на комплексном чертеже.

2. «Комплексный чертеж, основные положения»

Виды проецирования геометрических объектов на плоскость: центральное и ортогональное.

Плоскости проекций комплексного чертежа. Октанты и четверти комплексного чертежа. Координатная сетка.

Точка. Линия. Три проекции точки и линии на комплексном чертеже.

Решение задач.

3. «Введение в основы черчения»

Основные понятия черчения. Типы линий. Шрифт.

4. «Проекция на комплексном чертеже»

Три проекции точки и линии на комплексном чертеже.
Линии частного положения на комплексном чертеже.
Плоскость общего положения на комплексном чертеже.
Решение задач.
Выдача первого эюра: исходные данные по вариантам.

5. «Масштаб изображения, основные форматы чертежей»

Основные понятия черчения. Форматы чертежей. Масштабы.

6. «Плоскости общего положения»

Горизонталь и фронталь плоскости общего положения.
Проецирование прямого угла на комплексном чертеже.
Решение задач.
Сдача первого эюра.

7. «Работа с масштабами. Изучение основных типов шрифта»

Отработка масштаба и шрифта.

8. «Положение плоскости на комплексном чертеже»

Частные положения плоскости на комплексном чертеже.
Построение точки пересечения линий общего и частного положения.
Решение задач.
Задание № 1 по черчению: «Виды».

9. «Пересечение плоскостей. Общие и частные положения»

Построение линии пересечения плоскостей общего и частного положения.
Решение задач.
Выдача второго эюра.
Сдача задания № 1.

10. «Типы и способы задания поверхностей»

Поверхности. Способы образования и задания поверхностей. Каркас поверхности.
Определитель поверхности.

11. «Задание поверхности. Решение типовых задач»

Поверхности. Способы образования и задания поверхностей. Каркас поверхности.
Определитель поверхности.
Решение задач.
Выдача третьего эюра.

12. «Виды и разрезы»

Виды и разрезы.
Выдача задания № 2.

13. «Преобразование комплексного чертежа»

Способы преобразования комплексного чертежа.
Решение задач.
Сдача второго эюра.

14. «АксонOMETрическое проецирование»

АксонOMETрическое проецирование.
Задание № 2 (аксонOMETрическая составляющая).

15. «Взаимное пересечение геометрических объектов. Метод плоскостей»

Теория и алгоритмы решения типовых задач на взаимное пересечение геометрических объектов.

Решение типовых задач на взаимное пересечение геометрических объектов способом плоскостей.

16. «Решение типовых задач методом плоскостей»

Теория и алгоритмы решения типовых задач на взаимное пересечение геометрических объектов.

Решение типовых задач на взаимное пересечение геометрических объектов способом плоскостей.

17. «Изучение основных типов разрезов»

Решение задач на разрезы.

Сдача задания № 2.

18. «Взаимное пересечение геометрических объектов. Метод сфер»

Теория и алгоритмы решения типовых задач на взаимное пересечение геометрических объектов.

Решение типовых задач на взаимное пересечение геометрических объектов способом сфер.

19. «Решение типовых задач методом сфер»

Теория и алгоритмы решения типовых задач на взаимное пересечение геометрических объектов.

Решение типовых задач на взаимное пересечение геометрических объектов способом сфер.

Сдача третьего эсюра.

20. «Введение в основы компьютерной графики»

Изучение возможностей и особенностей программного продукта Компас-3D.

Пошаговое исследование интерфейса.

Включение библиотек;

Настройка рабочего пространства.

21. «Проектирование двухмерных объектов»

Изучение инструментальной панели.

Изучение инструментов: линия, отрезок, окружность, овал, прямоугольник, непрерывный ввод объектов.

Измерение размеров.

Привязки. Установка и управление глобальными привязками.

Создание чертежа «Болт» в трёх проекциях.

22. «Введение в создание трехмерных объектов»

Изучение инструментальной панели трехмерного проектирования.

Создание простого трехмерного объекта из эскиза на плоскости.

Изучение возможностей инструмента «Операция выдавливания».

Изучение возможностей инструмента «Операция вращения».

Изучение возможностей инструмента «Кинематическая операция».

Создание трехмерного объекта «Молоток».

23. «Создание трехмерных объектов»

Изучение инструментальной панели.

Инструмент «Вырезать выдавливанием».

Инструмент «Вырезать вращением».

Инструмент «Вырезать кинематически».

Создание эскизов на опорных поверхностях заготовок.

Создание детали вырезанием эскизов из базовой трехмерной заготовки.

24. «Создание сложных объектов»

Изучения инструментария: «Вспомогательная геометрия».

Вспомогательные плоскости: смещенная плоскость; плоскость через вершину перпендикулярно ребру, плоскость под углом к другой плоскости.

Создание объекта «чайник».

Сборка составного изделия из двух и более объектов.

Изучение инструментария «Сборка»: добавление элементов

Инструментальная панель «Сопряжения»: параллельность объектов, касание объектов, параллельность объектов, соосность объектов, совпадение объектов.

Сборка из чайника и крышки.

Разнесение объектов.

25. «Поверхности»

Изучение инструментария «Поверхности».

Поверхность выдавливания.

Поверхность вращения.

Кинематическая поверхность.

Создание объекта чайник с использованием инструментов поверхности.

Сборка объекта.

26. «Работа с массивами. Масштабирование элементов»

Массив по сетке.

Массив по концентрической сетке.

Массив по точкам.

Зеркальный массив.

Создание детали «Шариковый подшипник».

Сборка детали.

27. «Элементы листового тела»

Создание листового тела.

Создание обечайки.

Построение сгиба листового тела, по ребру, по эскизу, по линии.

Замыкание углов.

Вырез и отверстие в листовом теле.

Сгибание и разгибание элементов листового тела. Визуализация.

Создание объекта «Распределительный щит» инструментами листового тела.

5. Учебно-методическое обеспечение и планирование самостоятельной работы обучающихся

Таблица 4

№ Темы	Темы	Формы СРС, включая требования к подготовке к занятиям
1.	Основы инженерной графики	Чтение основной и дополнительной литературы; проработка лекций
2.	Комплексный чертеж, основные положения	Чтение основной и дополнительной литературы; проработка лекций
3.	Введение в основы черчения	Чтение основной и дополнительной литературы; проработка лекций
4.	Проекция на комплексном чертеже	Чтение основной и дополнительной литературы; проработка лекций
5.	Масштаб изображения, основные форматы чертежей	Чтение основной и дополнительной литературы; проработка лекций
6.	Плоскости общего положения	Чтение основной и дополнительной литературы; проработка лекций
7.	Работа с масштабами. Изучение основных типов шрифта	Чтение основной и дополнительной литературы; проработка лекций
8.	Положение плоскости на комплексном чертеже	Чтение основной и дополнительной литературы; проработка лекций
9.	Пересечение плоскостей. Общие и частные положения	Чтение основной и дополнительной литературы; проработка лекций
10.	Типы и способы задания поверхностей	Чтение основной и дополнительной литературы; проработка лекций

11.	Задание поверхности. Решение типовых задач	Чтение основной и дополнительной литературы; проработка лекций
12.	Виды и разрезы	Чтение основной и дополнительной литературы; проработка лекций
13.	Преобразование комплексного чертежа	Чтение основной и дополнительной литературы; проработка лекций
14.	АксонOMETрическое проецирование	Чтение основной и дополнительной литературы; проработка лекций
15.	Взаимное пересечение геометрических объектов. Метод плоскостей	Чтение основной и дополнительной литературы; проработка лекций
16.	Решение типовых задач методом плоскостей	Чтение основной и дополнительной литературы; проработка лекций
17.	Изучение основных типов разрезов	Чтение основной и дополнительной литературы; проработка лекций
18.	Взаимное пересечение геометрических объектов. Метод сфер	Чтение основной и дополнительной литературы; проработка лекций
19.	Решение типовых задач методом сфер	Чтение основной и дополнительной литературы; проработка лекций
20.	Введение в основы компьютерной графики	Подготовка к защите лабораторной работы; чтение основной и дополнительной литературы
21.	Проектирование двумерных объектов	Подготовка к защите лабораторной работы; чтение основной и дополнительной литературы
22.	Введение в создание трехмерных объектов	Подготовка к защите лабораторной работы; чтение основной и дополнительной литературы
23.	Создание трехмерных объектов	Подготовка к защите лабораторной работы; чтение основной и дополнительной литературы
24.	Создание сложных объектов	Подготовка к защите лабораторной работы; чтение основной и дополнительной литературы
25.	Поверхности	Подготовка к защите лабораторной работы; чтение основной и дополнительной литературы
26.	Работа с массивами. Масштабирование элементов	Подготовка к защите лабораторной работы; чтение основной и дополнительной литературы
27.	Элементы листового тела	Подготовка к защите лабораторной работы; чтение основной и дополнительной литературы

6. Промежуточная аттестация по дисциплине

6.1. Оценочные материалы для проведения промежуточной аттестации по дисциплине

Экзамен включает устную и графическую части. Билет состоит из трех заданий графической части экзамена. После выполнения графической части, студент отвечает на вопросы преподавателя в форме собеседования.

Критерии оценивания:

- «отлично» – если студент самостоятельно решил все приведенные в экзаменационном варианте задачи, а также подкрепил практические умения на собеседовании;
- «хорошо» – если студент решил 2/3 заданий графической части с небольшими недочетами, показал теоретические знания по данной дисциплине;
- «удовлетворительно» – студент имеет представления об инженерной и компьютерной графике и применении ее в практике, недостаточно владеет графическими навыками для решения задач, при собеседовании допускает ошибки, но благодаря наводящим вопросам дает правильный ответ;

• «неудовлетворительно» – студент не имеет систематических знаний и умений в области инженерной и компьютерной графики, слабо разбирается в практических заданиях и др., допускает принципиальные ошибки в ответах и решениях.

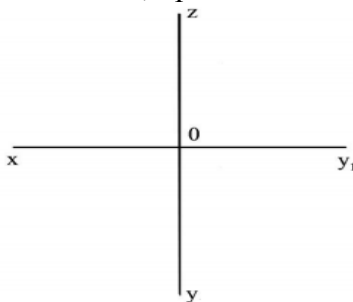
Перечень вопросов для подготовки к экзамену:

1. Виды проецирования геометрических объектов на плоскость: центральное и ортогональное.
2. Плоскости проекций комплексного чертежа. Октанты и четверти комплексного чертежа. Координатная сетка.
3. Точка. Линия. Три проекции точки и линии на комплексном чертеже.
4. Линии частного положения на комплексном чертеже.
5. Плоскость общего положения на комплексном чертеже.
6. Горизонталь и фронталь плоскости общего положения.
7. Проецирование прямого угла на комплексном чертеже.
8. Частные положения плоскости на комплексном чертеже.
9. Построение точки пересечения линий общего и частного положения.
10. Построение линии пересечения плоскостей общего и частного положения.
11. Поверхности. Способы образования и задания поверхностей. Каркас поверхности. Определитель поверхности.
12. Способы преобразования комплексного чертежа.
13. Решение типовых метрических задач начертательной геометрии.
14. Алгоритмы решения типовых метрических задач начертательной геометрии способом замены плоскостей проекций.
15. Теория и алгоритмы решения типовых задач на взаимное пересечение геометрических объектов.
16. Решение типовых задач на взаимное пересечение геометрических объектов способом плоскостей.
17. Решение типовых задач на взаимное пересечение геометрических объектов способом сфер.
18. Основные понятия черчения.
19. Форматы чертежей. Масштабы.
20. Типы линий. Шрифт.
21. Виды. Разрезы.
22. Аксонометрическое проецирование объекта.

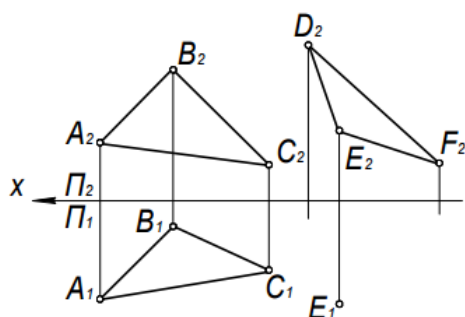
Задачи для проведения графической части экзамена. Образец экзаменационного билета:

Экзаменационный билет № ...

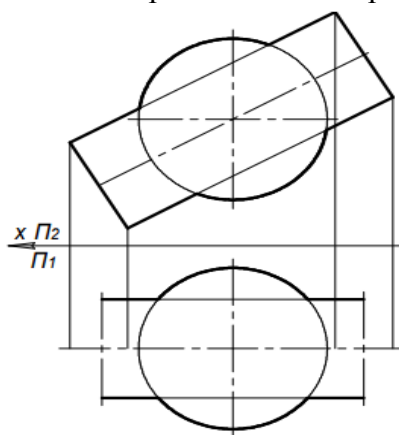
1. Построить проекции точек по заданным координатам $A(20, 10, 15)$; $B(20, 0, 15)$; $C(0, 10, 15)$. Указать, как располагаются относительно плоскостей проекции этих точек. Через точки A и B , провести линии в трех проекциях. Через указанные прямые задать плоскость общего положения, провести в ней горизонталь и фронталь.



2. Построить горизонтальную проекцию плоскости $\Gamma(\triangle DEF)$, если известно, что данные плоскости параллельны.



3. Построить проекции линий пересечения цилиндра вращения и сферы. Достроить горизонтальные проекции оснований поверхности цилиндра вращения.



6.2. Критерии оценивания компетенций:

Таблица 5

Карта критериев оценивания компетенций

№ п/п	Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенций, соотнесенные с планируемыми результатами обучения	Оценочные материалы	Критерии оценивания
1.	Способен применять методы проведения экспериментов в соответствующей области знаний, оформлять результаты научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ (ПК-1)	<p>Пороговый уровень освоения ОП (удовл.):</p> <p>Знает: основные законы и методы формирования геометрических моделей в пространстве и на плоскости; базовые инструменты построения чертежей в плоскости и простых объектов в пространстве.</p> <p>Умеет: читать изображения технических моделей; пользоваться отдельными элементами инструментальной панели «Геометрия» при создании простых чертежей; измерять размеры объектов и выполнять редактирование; создавать простые трехмерные объекты инструментами выдавливания,</p>	Текущий контроль, эпюры, задание № 1, № 2, лабораторные работы	<p>Присутствие и конспектирование лекционного материала на лекционном занятии.</p> <p>Присутствие и решение задач на практических занятиях.</p> <p>Полнота и правильность устных ответов на поставленные вопросы. Решение тестов по основным вопросам (текущий контроль).</p>

		<p>вращения и вырезания из эскизов.</p> <p>Базовый уровень (хор.): <i>Знает:</i> основные законы и методы формирования геометрических моделей в пространстве и на плоскости; инструменты построения чертежей в плоскости и трехмерных объектов в пространстве, принципы оптимизации построения объектов с помощью привязок. <i>Умеет:</i> читать и выполнять изображения технических моделей в соответствии с требованием действующих стандартов; пользоваться инструментальной панелью «Геометрия» при создании чертежей; измерять размеры объектов и выполнять редактирование; пользоваться отдельными элементами инструментальной панели «Обозначения»; создавать простые трехмерные объекты инструментами выдавливания, вращения, вырезания, кинематической операцией и операцией по сечениям из эскизов.</p> <p>Повышенный уровень (отл.): <i>Знает:</i> действующие стандарты по оформлению проектной и конструкторской документации; инструменты построения чертежей в плоскости и трехмерных объектов в пространстве; принципы оптимизации построения объектов с помощью привязок, инструментальной панели «Редактирование» и «Вспомогательная геометрия» для 3D-моделирования. <i>Умеет:</i> читать и выполнять изображения технических моделей в соответствии с требованием действующих стандартов; пользоваться инструментальной панелью «Геометрия» при со-</p>	<p>Выполнение и защита расчетно-графических работ (Эпюры, задание № 1, 2).</p>
--	--	---	--

		здании чертежей; измерять размеры объектов и выполнять редактирование; пользоваться элементами панели «Обозначения»; создавать сложные трехмерные объекты инструментами выдавливания, вращения, вырезания, кинематической операцией и операцией по сечениям из эскизов; пользоваться и применять возможности панели «Вспомогательная геометрия» для сложного 3D-моделирования.		
2.	Способен самостоятельно работать в средах современных операционных систем, наиболее распространенных прикладных программ и программ компьютерной графики (ОПК-6)	<p>Пороговый уровень (удовл.): <i>Знает:</i> отдельные способы разработки и проектирования новых изделий; механизмы и способы пополнения знаний с помощью нормативно-справочной литературы, онлайн-библиотек, и встроенных в ПО «Компас-3D» вспомогательных ресурсов. <i>Умеет:</i> создавать простые заданные и абстрактные объекты из области Технической физики; проектировать нестандартные новые изделия и конструктивные элементы доступными инструментами автоматизированного проектирования на ПК.</p> <p>Базовый уровень (хор.): <i>Знает:</i> способы разработки и проектирования новых изделий; механизмы и способы пополнения знаний с помощью нормативно-справочной литературы, онлайн-библиотек и встроенных в ПО «Компас-3D» вспомогательных ресурсов. <i>Умеет:</i> создавать простые и сложные заданные и абстрактные объекты из области Технической физики; проектировать нестандартные новые изделия и конструктивные элементы доступными инструментами автоматизированного проектирования на ПК.</p>	лабораторные работы	<p>Присутствие на лабораторных занятиях.</p> <p>Полнота и правильность устных ответов на вопросы преподавателя.</p> <p>Выполнение и защита лабораторных работ с помощью программы «Компас-3D».</p>

		<p>Повышенный уровень (отл.):</p> <p>Знает: способы разработки и проектирования новых изделий, сложносоставных устройств и механизмов, оценки их работоспособности в системах автоматизированного проектирования; механизмы и способы пополнения знаний с помощью нормативно-справочной литературы, онлайн-библиотек и встроенных в ПО «Компас-3D» вспомогательных ресурсов.</p> <p>Умеет: создавать простые и сложные заданные и абстрактные объекты, а также сопряженные механизмы из области технической физики; проектировать нестандартные новые изделия, конструктивные элементы и механизмы доступными инструментами автоматизированного проектирования на ПК.</p>	
--	--	--	--

7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

7.1. Основная литература:

Ли, В.Г. Инженерная графика: учебное пособие / В.Г. Ли, С.А. Дорошенко — Таганрог: Южный федеральный университет, 2016. — 141 с. — Режим доступа: <https://znanium.com/catalog/product/991864> (дата обращения 12.05.2021)

7.2. Дополнительная литература:

1. Чекмарев, А.А. Инженерная графика. Машиностроительное черчение: учебник. — М.: ИНФРА-М, 2019. — 396 с. — Режим доступа: <https://znanium.com/catalog/product/983560> (дата обращения 12.05.2021)

2. Борисенко, И.Г. Инженерная графика. Эскизирование деталей машин: учебное пособие / И.Г. Борисенко. — Красноярск: Сиб. федер. ун-т, 2014. — 156 с. — Режим доступа: <https://znanium.com/catalog/product/506051> (дата обращения 12.05.2021)

3. Головина, Л.Н. Инженерная графика: учебное пособие / Л.Н. Головина, М.Н. Кузнецова. — Красноярск: Сиб. федер. ун-т, 2011. — 200 с. — Режим доступа: <http://znanium.com/catalog/product/443226> (дата обращения 12.05.2021)

4. Начертательная геометрия и инженерная графика: Учебное пособие / Гулидова Л.Н., Константинова О.Н., Касьянова Е.Н. — Красноярск: СФУ, 2016. — 160 с. — Режим доступа: <http://znanium.com/catalog/product/978662> (дата обращения 12.05.2021).

5. Ткаченко, Г.И. Компьютерная графика: учебное пособие / Г.И. Ткаченко. — Таганрог: Южный федеральный университет, 2016. — 94 с. — Режим доступа: <https://znanium.com/catalog/product/996346> (дата обращения 12.05.2021).

7.3. Интернет-ресурсы:

Для успешного освоения данной дисциплины «Интернет-ресурсы» не требуются.

7.4. Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы:

eLIBRARY — научная библиотека (г. Москва). — <http://elibrary.ru>

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

– **Лицензионное ПО, в том числе отечественного производства:**

платформа для электронного обучения Microsoft Teams, офисный пакет Microsoft Office, программное обеспечение: «Компас-3D».

9. Технические средства и материально-техническое обеспечение дисциплины


Для проведения лекционных занятий необходима аудитория, оснащенная компьютером и мультимедийной установкой для демонстрации компьютерной презентации и видеоматериалов.

Для практических занятий необходима аудитория с расположением столов для контроля выполнения заданий преподавателем. Также аудитория должна быть оснащена меловой доской и мультимедийным оборудованием.

Для проведения лабораторных занятий необходима компьютерная аудитория.

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«ТЮМЕНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

УТВЕРЖДАЮ
Заместитель директора
Физико-технического института
по учебной работе


_____ С.А. Креков
« 23 » 06. _____ 2021 г.

ОСНОВЫ ГЕОЛОГИИ И ГЕОФИЗИКИ

Рабочая программа дисциплины
для обучающихся по направлению подготовки
16.03.01 Техническая физика
Профиль: Техническая физика в нефтегазовых технологиях
форма обучения: очная

Чистякова Н.Ф. Основы геологии и геофизики. Рабочая программа дисциплины для обучающихся по направлению подготовки 16.03.01 Техническая физика, профиль Техническая физика в нефтегазовых технологиях, форма обучения очная. Тюмень, 2021.

Рабочая программа дисциплины опубликована на сайте ТюмГУ: <https://www.utmn.ru/sveden/education/#>.

1. Пояснительная записка

Цель дисциплины состоит в том, чтобы дать обучающимся знания по фундаментальным вопросам геологии, помочь освоить теоретические знания и получить практические навыки применения методов ГИС для изучения геологического строения осадочного чехла, главным объектом которого являются горные породы и связанные с ними месторождения полезных ископаемых.

Задачи дисциплины:

1. ознакомление с общими сведениями о строении Земли, земной коры, о минералах, горных породах, их типах и условиях образования;
2. изучение особенностей экзогенных геологических процессов (геологическая деятельность ветра, поверхностных вод, подземных вод, вод морей и океанов); освоение понятия о фациях;
3. ознакомление с эндогенными геологическими процессами (метаморфизм, магматизм), тектоническими движениями и тектоническими структурами земной коры;
4. получение знаний о литологическом составе горных пород, их петрофизических характеристиках, породах-коллекторах и породах-флюидоупорах, о химическом составе и свойствах водно-углеводородных флюидов, насыщающих породы-коллекторы;
5. освоение теоретических основ электрических и магнитных методов ГИС;
6. изучение физических и химических полей различной природы;
7. овладение практическими навыками применения электрических методов ГИС – основных методов бескерновой документации горных пород; получение навыка самостоятельно интерпретировать каротажные диаграммы стандартного каротажа.

1.1. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Данная дисциплина входит в блок Б1 Дисциплины (модули), обязательная часть.

Для успешного изучения дисциплины необходимы знания и умения, приобретенные в ходе изучения дисциплин «Механика», «Молекулярная физика», «Электричество и магнетизм», «Оптика», «Математический анализ», «Линейная алгебра и аналитическая геометрия».

Знания, полученные в ходе изучения дисциплины «Основы геологии и геофизики» необходимы для изучения последующих дисциплин: «Гидрогазодинамика», «Подземная гидрогазодинамика», «Промысловая химия», «Гидродинамические исследования скважин», «Теплообмен сложных систем», «Свойства теплообменных сред», «Физика криогенных процессов», а также могут способствовать решению задач научно-исследовательского проекта и выпускной квалификационной работы.

1.2. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения данной дисциплины

Таблица 1

Код и наименование компетенции (из ФГОС ВО)	Код и наименование части компетенции	Планируемые результаты обучения (знаниевые/функциональные)
ОПК-1: способен использовать фундаментальные законы природы и основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности	–	<p>Знает</p> <ul style="list-style-type: none"> • современные концепции, достижения и ограничения естественных наук, в частности геологии и геофизики; • методы исследований, используемые естественными науками; • избранные области экспериментальных или теоретических физических исследований в области геологии и геофизики
		<p>Умеет</p> <ul style="list-style-type: none"> • определять принадлежность задачи к той или иной области естественнонаучного знания; • устанавливать взаимосвязь между физическими, химическими, биологическими и прочими процессами и явлениями; • самостоятельно проводить анализ необходимой литературы; • критически переосмысливать накопленный опыт, изменять при необходимости направление своей деятельности

2. Структура и объем дисциплины

Таблица 2

Вид учебной работы	Всего часов (академические часы)	Часов в семестре (академические часы)
		5 семестр
Общий объем зач. ед. час	4	4
	144	144
Из них:		
Часы контактной работы (всего):	52	52
Лекции	34	34
Практические занятия	16	16
Лабораторные / практические занятия по подгруппам	0	0
Консультации и иная контактная работа	2	2
Часы внеаудиторной работы, включая самостоятельную работу обучающегося	92	92
Вид промежуточной аттестации		Зачет

3. Система оценивания

3.1. На практических занятиях оценивается защита презентаций (максимальный балл — 10), а также выполнение рефератов (максимальный балл — 15). Для получения зачёта автоматически обучающимся необходимо набрать не менее 61 балла.

Форма промежуточной аттестации по дисциплине — зачет. К зачету допускаются все студенты вне зависимости от набранных баллов.

4. Содержание дисциплины

4.1. Тематический план дисциплины

Таблица 3

№ п/п	Наименование тем и/или разделов	Объем дисциплины, час.				
		Всего	Виды аудиторной работы (академические часы)			Консультации и иная контактная работа
			Лекции	Практические занятия	Лабораторные/ практические занятия по подгруппам	
1	2	3	4	5	6	7
1.	Основы геологии	40	6	8	0	0
2.	Геологические процессы	10	2	0	0	0
3.	Элементы структурной геологии	10	2	0	0	0
4.	Осадочный чехол	10	2	0	0	0
5.	Нефтегазоносный бассейн	20	6	0	0	0
6.	Основы геофизики	52	8	4	0	0
	Зачет	2	0	0	0	2
	Итого (часов)	144	34	16	0	2

4.2. Содержание дисциплины по темам

1. «Основы геологии»

- Общие сведения о планете Земля. Строение Земли. Форма, размеры и масса Земли. Основные геосферы Земли, их физические свойства и химический состав.

- Виды воды в горных породах, подземные воды, углеводородные скопления.

- Возраст и происхождение Земли. Единицы времени в геологии. Абсолютный и относительный возраст Земли. Гипотезы о происхождении Земли. Минералы и горные породы, их общая характеристика и условия образования.

- Горные породы, условия образования, состав и общая характеристика. Стадии литогенеза: седиментогенез, диагенез, катагенез, метагенез и основная характеристика.

- Поры. Виды пористости в осадочных горных породах.

- Построение структурной карты продуктивного пласта. Определение по карте основных характеристик залежи углеводородов.

- Построение геологического разреза по линии скважин (основа — построенная на занятиях структурная карта).

2. «Геологические процессы»

Экзогенные геологические процессы. Эндогенные геологические процессы. Современные тектонические движения и методы их изучения: вертикальные и

горизонтальные. Тектонические нарушения. Складкообразование. Пликативная и дизъюнктивная тектоника.

3. «Элементы структурной геологии»

Слой — элементарная форма залегания осадочных горных пород. Элементы слоя. Складки и их элементы. Антиклиналь; синклинал и их особенности. Природный резервуар. Пласт. Элементы пласта.

4. «Осадочный чехол»

Породы-коллекторы. Породы-флюидоупоры. Их общая характеристики и особенности. Петрофизические свойства пород-коллекторов: пористость, проницаемость, влагонасыщенность, глинистость, карбонатность.

5. «Нефтегазоносный бассейн»

- Рассеянное органическое вещество. Нефтегазоматеринские породы. Органическая теория и неорганическая гипотеза происхождения Рассеянное органическое вещество, его состав и генетические типы Генерация углеводородов различного фазового состояния. Флюиды, насыщающие породы-коллекторы: подземные воды. Углеводородные флюиды: нефть, газ, конденсат. Происхождение подземных вод и их основная характеристика. Нефть, газ, газоконденсат, их химический состав и общая характеристика.

- Ловушка. Элементы ловушки. Типы ловушек. Залежь углеводородного сырья. Элементы залежи углеводородного сырья. ВНК, внутренний контур нефтеносности, внешний контур нефтеносности. Типы залежей углеводородного сырья по фазовому состоянию флюидов, насыщающих пласт-коллектор. Миграция углеводородных флюидов (формы миграции и ее дальность). Аккумуляция углеводородных флюидов в ловушке. Формирование залежи углеводородов.

- Месторождение углеводородного сырья. Классификация месторождений углеводородного сырья.

6. «Основы геофизики»

- Электрические методы исследования осадочного чехла Западно-Сибирского нефтегазоносного бассейна.

- Геологическое тело. Неоднородность геологических тел. Пористость: происхождение, форма, размер, взаимосвязь пор, виды пористости. Глинистость: поровый состав, поверхность порового пространства и удельная поверхность. Влажность. Полная влагоемкость. Межфазное взаимодействие и двойной электрический слой (ДЭС). Капиллярная, подвешенная, максимальная гигроскопическая и гигроскопическая влагоемкости.

- Геофизические методы изучения разрезов скважин. Характеристика объекта исследования. Основы телеметрии скважин. Каротажная диаграмма.

- Интерпретация каротажных диаграмм метода собственной поляризации (СП).

- Теоретические основы электрических и магнитных методов исследования скважин. Уравнение электромагнитного поля. Классификация электрических методов исследования скважин. Физические основы метода потенциалов собственной поляризации горных пород. Фильтрационные потенциалы. Диффузионно-адсорбционные потенциалы. Окислительно-восстановительные потенциалы. Электродные потенциалы.

- Обычный метод потенциалов СП. Метод селективированных зондов СП. Метод квазистатических потенциалов СП. Метод специальных зондов СП. Масштабы записи кривых потенциалов СП.

- Интерпретация каротажных диаграмм кажущегося сопротивления.

- Кривые записи потенциалов СП. Искажение кривых потенциалов СП. Области применения методов потенциалов СП и решаемые ими геологические задачи.

- Методы кажущегося сопротивления горных пород. Физические основы методов кажущегося сопротивления (КС). Электрическое поле в однородной изотропной среде. Принцип взаимности.

- Акустические методы исследования скважин. Теоретические основы. Аппаратура и оборудование.
- Типы зондов, применяемые при проведении метода КС: градиент-зонд, потенциал-зонд. Связь между кажущимся и истинным сопротивлением среды. Кривые КС обычных зондов. Стандартные зонды. Искажения кривых КС. Области применения обычных зондов КС и решаемые ими геологические задачи.
- Микрозондирование. Аппаратура для регистрации кривых микрозондирования. Кривые КС микрозондов. Области применения метода микрозондирования и решаемые им геологические задачи.

5. Учебно-методическое обеспечение и планирование самостоятельной работы обучающихся

Таблица 4

№ темы	Темы	Формы СРС, включая требования к подготовке к занятиям
1.	Основы геологии	Чтение основной и дополнительной литературы, изучение интернет-ресурсов, проработка лекций, подготовка реферата и презентации
2.	Геологические процессы	Чтение основной и дополнительной литературы, изучение интернет-ресурсов, подготовка реферата и презентации
3.	Элементы структурной геологии	Чтение основной и дополнительной литературы, изучение интернет-ресурсов, подготовка реферата и презентации
4.	Осадочный чехол	Чтение основной и дополнительной литературы, изучение интернет-ресурсов, подготовка реферата и презентации
5.	Нефтегазоносный бассейн	Чтение основной и дополнительной литературы, изучение интернет-ресурсов, подготовка реферата и презентации
6.	Основы геофизики	Чтение основной и дополнительной литературы, изучение интернет-ресурсов, проработка лекций, подготовка реферата и презентации

6. Промежуточная аттестация по дисциплине

6.1. Оценочные материалы для проведения промежуточной аттестации по дисциплине

Зачет проводится в устной форме. Билет содержит 2 теоретических вопроса. Для получения зачета студенту необходимо ответить на оба вопроса, содержащихся в билете. Допускаются небольшие недочеты, отсутствие дополнительных сведений о явлении или процессе.

Примерный перечень вопросов:

1. Форма и размеры Земли.
2. Методы изучения внутреннего строения Земли.
3. Внутреннее строение Земли. Сейсмические разделы первого порядка. Границы Мохоровичича и Гутенберга. Ядро и мантия: состояние и состав вещества.
4. Плотность Земли и ее изменение на границе мантии и ядра.
5. Геотермический градиент и геотермическая ступень.
6. Средний химический состав Земли.
7. Минералы и их основные свойства.

8. Классификация горных пород по происхождению.
9. Континентальная земная кора и ее строение.
10. Океаническая земная кора и ее строение.
11. Литосфера и ее строение.
12. Астеносфера и ее особенности.
13. Образование подземных вод.
14. Грунтовые воды и их отличие от напорных вод.
15. Химический состав подземных вод и их генетические типы.
16. Соленость вод морей и океанов.
17. Литогенез и его стадии: седиментогенез, диагенез, катагенез, метагенез.
18. Магматизм и его типы.
19. Магма и ее химический состав.
20. Метаморфизм и условия его осуществления.
21. Тектонические движения и их типы.
22. Вертикальные и горизонтальные тектонические движения.
23. Неотектонический этап и его сущность.
24. Деформация горных пород и ее причины. Виды деформаций.
25. Складка, ее элементы и типы складок.
26. Относительный возраст горных пород и методы его определения.
27. Абсолютный возраст горных пород и радиологический метод его определения.
28. Геохронологическая и стратиграфическая шкалы. Выделение местных стратиграфических подразделений.
29. Общие сведения о каустобиолитах. Нефть, газ, конденсат как полезные ископаемые.
30. Состав и свойства нефти, природного газа и конденсата. Классификация нафтидов.
31. Породы-коллекторы и породы-флюидоупоры. Их состав и основные свойства.
32. Биогенная теория образования нефти. Концепции неорганического происхождения нефти.
33. Нефтегазоматеринская порода. Состав и особенности рассеянного органического вещества. Образование углеводородов.
34. Формирование залежи углеводородов.
35. Природный резервуар, ловушка, залежь. их основные элементы.
36. Месторождение углеводородного сырья. Классификация месторождений.
37. Геофизические методы изучения осадочного чехла. Геофизические методы изучения скважин (ГИС).
38. Гидрофильные и гидрофобные горные породы, их состав и характеристика.
39. Двойной электрический слой и его разновидности.
40. Зонды, их устройство и характеристика.
41. Каротажные диаграммы и их интерпретация.
42. Метод потенциалов собственной поляризации горных пород. Физические основы метода и применение при поисках месторождений полезных ископаемых.
43. Метод кажущегося сопротивления горных пород и его применение при поисках месторождений углеводородного сырья. Выделение продуктивных и непродуктивных горизонтов в разрезе осадочного чехла по комплексу ГИС.

6.2. Критерии оценивания компетенций:

Таблица 5

Карта критериев оценивания компетенций

№ п/п	Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенций, соотнесенные с планируемыми результатами обучения	Оценочные материалы	Критерии оценивания
1.	ОПК-1: способен использовать фундаментальные законы природы и основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности	<p>Пороговый уровень освоения ОП (удовл.): <i>Знает:</i> базовые общепрофессиональные знания законов природы и профессиональной деятельности. <i>Умеет:</i> анализировать информацию по основным законам естественнонаучных дисциплин; анализировать научно-техническую информацию по тематике профессиональной деятельности.</p> <p>Базовый уровень (хор.): <i>Знает:</i> теоретические основы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности. <i>Умеет:</i> анализировать фундаментальные законы природы в профессиональной деятельности; анализировать аспекты используемого отечественного опыта по тематике профессиональной деятельности.</p> <p>Повышенный уровень (отл.): <i>Знает:</i> теоретические основы профессиональной деятельности, основные механизмы и процессы природных и природно-техногенных объектов; теоретические основы зарубежного опыта в сфере профессиональной деятельности.</p>	Реферат, доклад с презентацией, вопросы к зачету	Интенсивность использования дополнительных источников при подготовке реферата и доклада, авторитетность используемых источников, полнота раскрытия темы в реферате и докладе, полнота и правильность ответов на дополнительные вопросы одногруппников и преподавателя. Зачет: правильность ответов на вопросы, ссылки на дополнительные источники при ответе.

		Умеет: анализировать способы и методы решения задач, основанных на законах естественно-научных дисциплин, применяемых в профессиональной деятельности; анализировать научно-техническую информацию зарубежного опыта по тематике профессиональной деятельности.		
--	--	--	--	--

7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

7.1. Основная литература:

Битнер, А.К. Геология и геохимия нефти и газа: учебное пособие / А.К. Битнер, Е.В. Прокатень. — Красноярск: Сибирский федеральный университет, 2019. — 428 с. Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/100007.html> (дата обращения 12.05.2021).

7.2. Дополнительная литература:

1. Геология и геохимия нефти и газа: учебник / О.К. Баженова, Ю.К. Бурлин, Б.А. Соколов, В.Е. Хаин. — М.: Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, 2012. — 432 с. Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/13049.html> (дата обращения: 12.05.2021).

2. Бурков, Ф.А. Геофизические исследования скважин: учебное пособие / Ф.А. Бурков, В.И. Исаев, Г.А. Лобова. — Томск: Томский политехнический университет, 2017. — 110 с. Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/84011.html> (дата обращения: 12.05.2021).

3. Квеско, Б.Б. Основы геофизических методов исследования нефтяных и газовых скважин: учебное пособие / Б.Б. Квеско, Н.Г. Квеско, В.П. Меркулов. — 2-е изд., доп. — Москва; Вологда: Инфра-Инженерия, 2020. — 228 с. Режим доступа: <https://znanium.com/catalog/product/1168498> (дата обращения: 12.05.2021).

7.3. Интернет-ресурсы:

1. Справочник по геологии — <http://www.geolib.net> (дата обращения: 12.05.2021).

2. Дубеня Н.В., Ежов К.А. Уточнение профилей горизонтальных напряжений в окрестности скважин по геометрическим характеристиками трещин в породах околоскважинного пространства // Геофизические исследования. 2017, том 18, 3», С. 5–26. [Электронный ресурс] — Режим доступа: http://gr.ifz.ru/fileadmin/user_upload/documents/journals/gr/18-2/fulltext/01-GR-18-2.pdf (дата обращения: 12.05.2021).

3. Косков В.Н., Косков Б.В. Геофизические исследования скважин и интерпретация данных ГИС. — Пермь: Изд-во Перм. гос. техн. ун-та, 2007. — 317 с. — [Электронный ресурс] — Режим доступа: http://pstu.ru/files/file/gnf/geofizicheskie_issledovaniya.pdf (дата обращения: 12.05.2021).

7.4. Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы:

1. eLIBRARY — научная библиотека (г. Москва). — <http://elibrary.ru>

2. Отраслевая электронная библиотека OnePetro. — <https://www.onepetro.org/>

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

– Лицензионное ПО, в том числе отечественного производства:

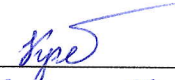
платформа для электронного обучения Microsoft Teams, офисный пакет Microsoft Office.

9. Технические средства и материально-техническое обеспечение дисциплины

Для проведения лекционных и практических занятий необходима мультимедийная учебная аудитория, оснащенная учебной мебелью, доской аудиторной, мультимедийным проекционным и акустическим оборудованием, персональным компьютером.

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«ТЮМЕНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

УТВЕРЖДАЮ
Заместитель директора
Физико-технического института
по учебной работе


_____ С.А. Креков
« 23 » _____ 06. _____ 2021 г.

ОСНОВЫ ПРОГРАММИРОВАНИЯ

Рабочая программа дисциплины
для обучающихся по направлению подготовки
16.03.01 Техническая физика
Профиль: Техническая физика в нефтегазовых технологиях
форма обучения: очная

Пряхина Е.Н. Основы программирования. Учебно-методический комплекс. Рабочая программа для студентов направления 16.03.01 Техническая физика, профиль «Техническая физика в нефтегазовых технологиях», очной формы обучения. Тюмень, 2021.

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

© Тюменский государственный университет, 2021.

© Пряхина Е. Н., 2021.

1. Пояснительная записка

Целью освоения дисциплины «Программирование» является получение высшего (на уровне бакалавра) образования, позволяющего выпускнику успешно работать в избранной сфере деятельности с применением современных компьютерных технологий.

В процессе изучения дисциплины решаются задачи подготовки в области применения современной вычислительной техники для решения практических задач обработки данных, математического моделирования, информатики.

1.1. Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы

Данная дисциплина (модуль) входит в блок Б1 Дисциплины (модули) части, формируемой участниками образовательных отношений, дисциплина (модуль) по выбору.

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

Код и наименование компетенции	Код и наименование части компетенции (при наличии паспорта компетенций)	Компонент (знаниевый/функциональный)
ОПК-4. Способность решать стандартные задачи профессиональной деятельности на основе информационной и библиографической культуры с применением информационно-коммуникационных технологий и с учетом основных требований информационной безопасности	ОПК-4	Знает о необходимости защиты информации в ПК, основные методы работы с информацией.
		Умеет обеспечить защиту информации в ПК, осуществлять поиск дополнительной информации.
ОПК-6. Способность работать с распределенными базами данных, работать с информацией в глобальных компьютерных сетях, применяя современные образовательные и информационные технологии	ОПК-6	Знает о роли информации в развитии современного информационного общества, назначение ЯПВУ. Умеет самостоятельно определять необходимость использования современных методик и технологий, в том числе и информационных, в профессиональной деятельности, решать задачи, используя различные алгоритмические структуры.
ПК-10. Способностью применять современные информационные технологии, пакеты прикладных программ, сетевые компьютерные	ПК-10	Знает основные понятия и определения ИТ. Умеет использовать основные информационные технологии в практической деятельности.

технологии и базы данных в предметной области для расчета технологических параметров		
--	--	--

2. Структура и трудоемкость дисциплины

Таблица 1

Вид учебной работы (очная форма)		Всего часов	Часов в семестре
			6
Общая трудоемкость	зач. ед.	5	5
	час	180	180
Из них:			
Часы аудиторной работы (всего):		86	86
Лекции		0	0
Лабораторные / практические занятия по подгруппам		86	86
Часы внеаудиторной работы, включая самостоятельную работу обучающегося		94	94
Вид промежуточной аттестации (зачет, диф. зачет, экзамен)			Зачет

3. Система оценивания

3.1. Оценивание достижений обучающихся в течение семестра осуществляется на основе балльно-рейтинговой системы.

Баллы начисляются студентам за следующие активности:

- 1) выполнение практического занятия по подгруппам – 0-10 баллов;
 - 2) подготовка конспектов в процессе самостоятельной подготовки к занятиям – 0-10 баллов;
- Для получения зачета по дисциплине обучающимся необходимо набрать за семестр не менее 61 балла. Студенты, не набравшие по итогам работы в семестре менее 61 балл, сдают зачет по дисциплине в форме защиты индивидуальных заданий работ.

4. Содержание дисциплины

4.1. Тематический план дисциплины

Таблица 2

№ п/п	Наименование тем и/или разделов	Объем дисциплины (модуля), час.				
		Всего	Виды аудиторной работы (академические часы)			Иные виды контактной работы
			Лекции	Практические занятия	Лабораторные/ практические занятия по подгруппам	
1	2	3	4	5	6	7
1.	Введение в программирование. Структура программы.	6	2		2	
2.	Операторы языка программирования. Переменные и	10	2		2	

	константы. Операции и выражения.					
3.	Числовые типы данных.	10	2		2	
4.	Логический тип данных. Логические выражения.	8	2		2	
5.	Условный оператор. Оператор выбора.	8	2		2	
6.	Циклы.	8	2		2	
7.	Одномерные и многомерные массивы.	10	4		4	
8.	Работа со строковыми данными.	12	2		2	
	Итого (часов)	72	18		18	

4.2. Содержание дисциплины (модуля) по темам

Тема 1. Введение в программирование. Структура программы.

Рассматриваются общие концепции разработки на языках программирования. Разбирается эволюция развития языков программирования. Вводится понятие среды программирования. Подробно изучаются основные часть программы. Вводится понятия алгоритма и разбираются способы записи алгоритма.

Практическое задание №1.

1. Линейный алгоритм: с помощью псевдокода и с помощью блок-схем записать алгоритм нахождения площади и периметра треугольника по двум сторонам a и b .
2. Ветвление: с помощью псевдокода и с помощью блок-схем записать алгоритм нахождения самой большой стороны в треугольнике.
3. Цикличность: с помощью псевдокода и с помощью блок-схем записать алгоритм вывода всех четных чисел от 1 до 25
4. С помощью псевдокода и с помощью блок-схем записать алгоритм нахождения корней квадратного уравнения $ax^2 + bx + c = 0$ через дискриминант. Рассмотреть случаи, когда дискриминант отрицательный, положительный или равен нулю.

Практическое задание №2.

1. Создать программу, которая выводит на экран текстовый рисунок.

```

1
2
333
44444
5555555
66 66
77777

```

2. Создать программу, которая выводит номер вашего компьютера с помощью *. Высота номера не должна быть меньше 5 строк, ширина линий не меньше 2-х *. Если номер число однозначное, то в начале добавить 0.

3. Создать программу, которая выводит пример, на каждый знак, на экран с помощью #. Высота номера не должна быть меньше 5 строк, ширина линий не меньше 2-х #. Например $3 + 5 = 8$.

Тема 2. Операторы языка программирования. Переменные и константы. Операции и выражения.

Рассматриваются основные операторы языка программирования C#. Вводятся понятия переменных и констант. Рассматривается способ хранения переменных в памяти. Рассматриваются основные операции производимые над типами данных и их приоритет.

Практическое задание №3.

1. Программа проверяет, является ли число чётным. Объявите и инициализируйте переменную целого типа. На выходе: одно из двух строковых значений true или false (пример, $a = 4 \rightarrow true$ или $a = 33 \rightarrow false$).
2. Программа проверяет, является ли число трёхзначным. Объявите и инициализируйте переменную целого типа. На выходе: одно из двух строковых значений true или false (пример, $a = 878 \rightarrow true$ или $a = 33 \rightarrow false$).
3. Программа позволяет считать с клавиатуры 2 вещественных числа и по введенным данным вычисляет и выводит их сумму, разность, произведение и частное.
4. Программа определяет, является ли год с данным номером високосным. Напомним, что в соответствии с григорианским календарем, год является високосным, если его номер кратен 4, но не кратен 100, а также если он кратен 400. На выходе: одно из двух строковых значений true или false (пример, $g = 1941 \rightarrow false$ или $g = 2000 \rightarrow true$).

Практическое задание №4.

1. Написать программу, которая считывает с клавиатуры стороны прямоугольника и рассчитывает для него площадь и периметр.
2. Написать программу, которая считывает с клавиатуры количество дней и выводит количество полных недель, месяцев (30 дней), лет.
3. Создать программу, которая выполняет различные математические действия над двумя числами. Выведите результат на экран.
 - a. Возведение в квадрат частного двух чисел
 - b. Возведение в квадрат суммы двух чисел
 - c. Возведение в квадрат разности двух чисел
 - d. Возведение в квадрат произведения двух чисел
4. В переменной n хранится трёхзначное число. Создайте программу, вычисляющую и выводящую на экран сумму цифр n.

Тема 3. Числовые типы данных.

Рассматриваются основные числовые типы данных. Приводится сравнение типов данных по занимаемому размеру. Обсуждается необходимость использования того или иного типа данных в конкретных задачах. Разбираются основные операции над числовыми типами данных.

Практическое задание №5.

1. Задать 2 случайных целых числа в интервале [1, 10]. Вывести данные числа и их сумму.
2. Задать случайным образом 3 стороны треугольника в интервале [1, 20]. Вывести данные числа и проверить существует ли треугольник с такими сторонами.
3. Сгенерировать 5 случайных целых числа в интервале [-10, 10]. Вывести данные числа и найти сумму, произведение чисел, а также максимальное и минимальное число.
4. Считать с клавиатуры числа a, b, c. Найти количество разных действительных корней квадратного уравнения. Использование условного оператора запрещено.

Практическое задание №6.

1. Считать с клавиатуры 3 числа. Напишите программу, которая находит сумму, произведение и среднее арифметическое трёх чисел, введённых с клавиатуры.
2. Считать с клавиатуры значение угла в градусах. Преобразовать данное значение в радианы и вывести на экран. Так же для этого угла найти значения всех тригонометрических функций, которые так же нужно вывести на экран.
3. Напишите программу, которая получает два вещественных числа, a и b ($a < b$), и выводит через пробел 5 случайных вещественных чисел в полуинтервале $[a, b)$.

Тема 4. Логический тип данных. Логические выражения.

Рассматриваются логический тип данных. Обсуждается необходимость использования данного типа данных в конкретных задачах. Разбираются основные операции над логическими типами данных. Рассматриваются способы конструирования сложных логических выражений.

Практическое задание №7.

1. Создать метод для проверки треугольника со сторонами a , b , c на равнобедренность, который соответственно возвращает `true` или `false`. a , b , c входные параметры метода. Продемонстрировать работу метода.
2. Напишите метод, который принимает две клетки шахматной доски (4 точки: x_1 , y_1 , x_2 , y_2). Если они покрашены в один цвет, то метод возвращает `true`, иначе `false`. Продемонстрировать работу метода.
3. Шахматная ладья ходит по горизонтали или вертикали. Напишите метод (результат логического типа), который принимает две клетки шахматной доски (4 точки: x_1 , y_1 , x_2 , y_2) и определяет, может ли ладья попасть с первой клетки на вторую одним ходом. Продемонстрировать работу метода.

Практическое задание №8.

1. Требуется определить, можно ли от шоколадки размером $n \times m$ долек отломить k долек, если разрешается сделать один разлом по прямой между дольками (то есть разломить шоколадку на два прямоугольника). Вводятся 3 числа: n , m и k . Программа должна вывести `true`, если возможно отломить указанное число долек, в противном случае вывести `false`.
2. В каждую крайнюю клетку квадратной доски поставили по фишке. Могло ли оказаться, что выставлено ровно k фишек? (Например, если доска 2×2 , то выставлено 4 фишки, а если 6×6 - то 20). Вводится одно натуральное число k . Программа должна вывести `true`, если существует такой размер доски, на который будет выставлено ровно (не больше, и не меньше) k фишек, в противном случае - вывести `false`.

Тема 5. Условный оператор. Оператор выбора.

Рассматривается организация ветвления алгоритма с использованием условного оператора. Вводится понятие полной и краткой формы условного оператора и способов записи данных форм. Рассматриваются случаи, когда необходимо рассмотрение более чем двух различных альтернатив и способ записи данного алгоритма с помощью условного оператора. Так же рассматривается использование оператора выбора для решения задачи с большим количеством альтернатив.

Практическое задание №9.

1. Написать программу, которая считывает с клавиатуры номер дня недели и выводит название дня недели по введённому номеру
2. Написать программу, которая считывает с клавиатуры номер месяца и выводит название месяца по введённому номеру и квартал в котором этот месяц находится.

3. Написать программу которая считывает два числа и номер операции (1 - "+", 2 - "-", 3 - "*", 4 - "/"), затем выполняет эту операцию с числами и выводит результат. На ноль делить нельзя, вывести сообщение об этом.
4. Написать программу, которая считывает с клавиатуры номер месяца b определяет количество дней в этом месяце.

Практическое задание №10.

1. Напишите программу для решения уравнения $ax=b$ относительно x . Учтите, что a может принимать любые значения, в том числе и 0.
2. Даны координаты точки на плоскости. Требуется определить, в какой координатной четверти она лежит.
3. Вводятся два целых числа. Проверить делится ли первое на второе. Вывести на экран сообщение об этом, а также остаток (если он есть) и частное (в любом случае).

Тема 6. Циклы.

Рассматривается организация алгоритмов с повторением. Изучаются виды циклических конструкций. Рассматриваются особенности организации каждого вида циклов. Вводится понятие бесконечного цикла. Разбираются команды для прерывания циклов.

Практическое задание №11.

1. По данному целому числу N распечатайте все квадраты натуральных чисел, не превосходящие N , в порядке возрастания. N считать с клавиатуры.
2. Считать с клавиатуры N целых чисел и вывести на экран их сумму. N необходимо тоже считать с клавиатуры.
3. Считать с клавиатуры N целых чисел. Найти количество четных чисел среди них. N необходимо тоже считать с клавиатуры.

Практическое задание №12.

- Дана последовательность из N чисел. Найдите произведение всех введенных чисел. Если произведение можно узнать до введения последнего числа, ввод нужно прекратить. Сначала вводится N – количество элементов, а затем сами элементы. (В программе используется оператор `break`).
- В 1-й день спортсмен пробежал 10 км, каждый следующий день на 10% больше. Как только он достигнет или превысит 25 км в день, необходимо прекратить увеличение. Начиная с какого дня, спортсмен будет пробегать не менее 25 км
- По данному натуральному $n \leq 9$ выведите лесенку из n ступенек, i -я ступенька состоит из чисел от 1 до i без пробелов.

Тема 7. Одномерные и многомерные массивы.

Рассматривается способ хранения большого количества однородной информации с помощью массивов. Изучаются способы задания массивов элементами. Рассматриваются типовые задачи в которых применяются такие типы как массивы. Вводится понятие размерности массива. Рассматривается организация доступа к элементам массива.

Практическое задание №13.

1. Задать массив из N случайных чисел, вывести на экран элементы массива через пробел, найти сумму, максимальный и минимальный элементы.
2. Задать массив из N чисел с клавиатуры, проверить полученную последовательность является ли она возрастающей.

Практическое задание №14.

1. Задать массив из N случайных чисел, вывести на экран элементы массива через пробел, сколько в последовательности равных соседних элементов.

2. Задать массив из N случайных чисел, упорядочить по возрастанию, вывести на экран элементы массива через пробел, найти в упорядоченной последовательности минимальный и максимальный элемент не используя циклы.

Тема 8. Работа со строковыми данными.

Рассматривается организация хранения текстовой информации. Приводятся основные методы работы со строковым типом. Сравняется строковый тип данных с массивом. Изучаются способы обработки текстовой информации. Изучаются типовые задачи, где можно применить строковый тип данных, в том числе для решения задач из профессиональной области.

Практическое задание №15.

1. Считать с клавиатуры предложение. В самом длинном слове заменить все буквы "a" на "b".
2. Напишите программу, которая определяет, является ли введённое слово (без пробелов) палиндромом, то есть верно ли, что оно читается одинаково слева направо и справа налево.

Практическое задание №16.

1. Считать с клавиатуры предложение. В строке удалить последнее слово, т.е. все символы после последнего пробела в строке.
2. Считать с клавиатуры предложение. Между словами может быть несколько пробелов, в начале и конце строки также могут быть пробелы. Требуется преобразовать строку так, чтобы в ее начале и конце пробелов не было, а слова были разделены одиночным символом "*".

Практическое задание №17.

- Напишите программу, которая выводит самое длинное слово переданной её символьной строки. Слово – это последовательность непробельных символов, ограниченная пробелами или концами строки.
- Напишите программу, которая преобразует строку, содержащую фамилию, имя и отчество человека, к форме <инициалы> <фамилия>.

Зачет выставляется по количеству баллов, набранных студентом в процессе изучения данной дисциплины.

5. Учебно-методическое обеспечение и планирование самостоятельной работы обучающихся

Таблица 3

№ темы	Темы	Формы СРС, включая требования к подготовке к занятиям
1.	Введение в программирование. Структура программы.	Чтение рекомендованной и дополнительной учебной, научной, критической и справочной литературы. Подготовка конспектов.
2.	Операторы языка программирования. Переменные и константы. Операции и выражения.	Чтение рекомендованной и дополнительной учебной, научной, критической и справочной литературы. Подготовка конспектов.
3.	Числовые типы данных.	Чтение рекомендованной и дополнительной учебной, научной, критической и справочной литературы. Подготовка конспектов.

4.	Логический тип данных. Логические выражения.	Чтение рекомендованной и дополнительной учебной, научной, критической и справочной литературы. Подготовка конспектов.
5.	Условный оператор. Оператор выбора.	Чтение рекомендованной и дополнительной учебной, научной, критической и справочной литературы. Подготовка конспектов.
6.	Циклы.	Чтение рекомендованной и дополнительной учебной, научной, критической и справочной литературы. Подготовка конспектов.
7.	Одномерные и многомерные массивы.	Чтение рекомендованной и дополнительной учебной, научной, критической и справочной литературы. Подготовка конспектов.
8.	Работа со строковыми данными.	Чтение рекомендованной и дополнительной учебной, научной, критической и справочной литературы. Подготовка конспектов.

6. Промежуточная аттестация по дисциплине (модулю)

6.1 Оценочные материалы для проведения промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)

Зачет выставляется по количеству баллов, набранных студентом в процессе изучения данной дисциплины.

Форма проведения промежуточной аттестации (зачета) по дисциплине – письменная работа обучающегося с последующей защитой своей работы.

Обучающиеся, совокупно набравшие по итогам работы в семестре и в ходе итоговой работы 61 балл и более, получают зачет по дисциплине.

Вопросы к зачету:

1. Понятие констант и переменных.
2. Типы данных.
3. Целые типы. Допустимые операции с целыми числами.
4. Вещественные типы. Допустимые операции с вещественными числами.
5. Логический тип. Допустимые операции с логическими значениями.
6. Приоритет операций и отношений в выражениях.
7. Структура программы.
8. Простые операторы языка. Оператор присваивания.
9. Процедуры ввода и вывода.
10. Понятие составного оператора, структурного оператора.
11. Условный оператор.
12. Оператор выбора.
13. Операторы цикла.
14. Цикл с предусловием.
15. Цикл с постусловием.
16. Цикл типа n-раз.
17. Массивы. Допустимые операции с массивами.
18. Массивы. Одномерные.
19. Массивы. Двумерные массивы.
20. Строковый тип данных. Допустимые операции со строками.

6.2. Критерии оценивания компетенции:

Таблица 4

Карта критериев оценивания компетенций

№ п/п	Код и наименование компетенции	Компонент (из паспорта компетенций) (во ФГОС 3+)	Оценочные материалы	Критерии оценивания
	ОПК-4. Способность решать стандартные задачи профессиональной деятельности на основе информационной и библиографической культуры с применением информационно-коммуникационных технологий и с учетом основных требований информационной безопасности ОПК-6. Способность работать с распределенными базами данных, работать с информацией в глобальных компьютерных сетях, применяя современные образовательные и информационные технологии ПК-10. Способностью применять современные информационные технологии, пакеты прикладных программ, сетевые компьютерные технологии и базы данных в предметной области для расчета	Знает: <ul style="list-style-type: none"> • основные понятия программирования; • основные конструкции языка C++; • типовые приёмы обработки информации для решения задач профессиональной сферы. 	Конспекты материалов использованных для подготовки к занятию.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Количество конспектируемых источников. 2. Фиксация библиографической информации о конспектируемых источниках.
			Устная защита практического задания по теме.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Четкость формулировки ответа 2. Аргументация правильности выполнения задания
			Итоговое собеседование на зачете.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Ссылки на авторитетные источники информации в ходе собеседования. 2. Привлечение для аргументации разных видов информации.
		Умеет: <ul style="list-style-type: none"> • формализовать вычислительную задачу профессиональной сферы и выбрать необходимый типовой алгоритм для ее решения; • выявить и поставить проблему в профессиональной сфере; • строить алгоритмы решения задач профессиональной сферы и находить их решение с 	Конспекты материалов использованных для подготовки к занятию.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Выделение главных мест в конспектируемых источниках. 2. Сознательная фиксация сходной, дополняющей или противоречивой информации в конспектируемых источниках.
			Устная защита практического задания по теме.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Нахождение способов оптимизации выполненного задания 2. Оценка правильности выполненного практического задания после

	технологических параметров	применением программирования.		внесения в него изменений.
			Итоговое собеседование на зачете.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Привлечение самостоятельно найденного теоретического и материала для обоснования собственной точки зрения. 2. Приведение способов реализации полученных знаний на практике в своей профессиональной сфере.

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

7.1. Основная литература:

1. Митина, О. А. Прикладное программирование: учебное пособие / О. А. Митина. — Прикладное программирование, 2021-06-24. — Электрон. дан. (1 файл). — Москва: Московская государственная академия водного транспорта, 2017 — 94 с. — Лицензия до 24.06.2021. — Книга находится в премиум-версии ЭБС IPR BOOKS. — Текст. — электронный. — URL:<http://www.iprbookshop.ru/76716.html> (дата обращения: 05.05.2020). — Режим доступа: для авторизир. пользователей

7.2 Дополнительная литература:

1. Агафонов, Е. Д. Прикладное программирование : учебное пособие / Е. Д. Агафонов, Г. В. Ващенко. — Красноярск : Сибирский федеральный университет, 2015. — 112 с. — ISBN 978-5-7638-3165-8. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <http://www.iprbookshop.ru/84092.html> (дата обращения: 05.05.2020). — Режим доступа: для авторизир. пользователей

2. Кауфман, В. Ш. Языки программирования. Концепции и принципы / В. Ш. Кауфман. — 2-е изд. — Саратов : Профобразование, 2019. — 464 с. — ISBN 978-5-4488-0137-2. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <http://www.iprbookshop.ru/88014.html> (дата обращения: 05.05.2020). — Режим доступа: для авторизир. пользователей

3. Молдованова, О. В. Языки программирования и методы трансляции: учебное пособие / О. В. Молдованова. — Языки программирования и методы трансляции, 2021-09-20. — Электрон. дан. (1 файл). — Новосибирск: Сибирский государственный университет телекоммуникаций и информатики, 2012 — 134 с. — Гарантированный срок размещения в ЭБС до 20.09.2021 (автопродлонгация). — Книга находится в премиум-версии ЭБС IPR BOOKS. — Текст. — электронный. — <URL:<http://www.iprbookshop.ru/54809.html>> (дата обращения: 05.05.2020). — Режим доступа: для авторизир. пользователей.

7.3 Интернет-ресурсы:

Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы: <https://icdlib.nspu.ru/> ,<https://rusneb.ru/>

8. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю):


- **Лицензионное ПО:**
 1. Microsoft Office
 2. Teams
- **ПО, находящееся в свободном доступе:**
 1. Microsoft Visual Studio Community

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

Учебные аудитории для проведения лекций с мультимедийным оборудованием для демонстрации видеоматериалов. Компьютерные учебные аудитории для проведения практических занятий с необходимым программным обеспечением.

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«ТЮМЕНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

УТВЕРЖДАЮ
Заместитель директора
Физико-технического института по
учебной работе


С.А. Креков
« 23 » 06. 2021 г.

ОБЩАЯ ХИМИЯ

Рабочая программа дисциплины
для обучающихся по направлению подготовки
16.03.01 Техническая физика
Профиль: Техническая физика в нефтегазовых технологиях
форма обучения: очная

Шигабаева Г.Н. Общая химия. Рабочая программа дисциплины для обучающихся по направлению подготовки 16.03.01 Техническая физика, профиль: Техническая физика в нефтегазовых технологиях, форма обучения очная. Тюмень, 2021.

Рабочая программа дисциплины опубликована на сайте ТюмГУ:
<https://www.utmn.ru/sveden/education/#>.

1. Пояснительная записка

Цель дисциплины: помочь студентам изучить химическую форму движения материи, познать законы её развития и основные закономерности протекания химических реакций.

Задачи дисциплины:

1. передать основные теоретические знания по курсу дисциплины;
2. помочь студентам получить навыки работы с химическими реактивами и проведения количественных расчетов;
3. научить решать типовые задачи и писать во всех формах уравнения химических реакций, что способствует неформальному усвоению изучаемого материала;
4. сформировать навыки химического мышления у студентов.

1.1. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Данная дисциплина входит в блок Б1 Дисциплины (модули), обязательная часть.

Для успешного изучения дисциплины необходимо обладать знаниями в области химии, уметь писать химические реакции, иметь представление о роли химии. Также необходимы знания и умения, приобретенные в ходе изучения дисциплин «Молекулярная физика», «Принципы естественнонаучного познания», «Оптика», «Математический анализ».

Знания, полученные в ходе изучения дисциплины «Общая химия», необходимы для изучения последующих дисциплин: «Промысловая химия», «Физика криогенных процессов», «Теплообмен сложных систем», «Свойства теплообменных сред», а также могут способствовать решению задач научно-исследовательского проекта и выпускной квалификационной работы.

1.2. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения данной дисциплины

Таблица 1

Код и наименование компетенции (из ФГОС ВО)	Код и наименование части компетенции	Планируемые результаты обучения (знаниевые/функциональные)
ОПК-1: способен использовать фундаментальные законы природы и основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности	–	<p>Знает</p> <ul style="list-style-type: none"> • роль и место химии в естествознании; • классификацию и номенклатуру химических веществ, систем и реакций; • строение вещества; • принципы химических превращений.
		<p>Умеет</p> <ul style="list-style-type: none"> • работать с литературой по химии; • анализировать и классифицировать химические системы и протекающие в них реакции; • прогнозировать свойства веществ на основе знания их строения и принципов химических превращений.

2. Структура и объем дисциплины

Таблица 2

Вид учебной работы		Всего часов (академические часы)	Часов в семестре (академические часы)
			6 семестр
Общий объем	зач. ед.	4	4
	час	144	144
Из них:			
Часы контактной работы (всего):		70	70
Лекции		34	34
Практические занятия		34	34
Лабораторные / практические занятия по подгруппам		0	0
Консультации и иная контактная работа		2	2
Часы внеаудиторной работы, включая самостоятельную работу обучающегося		74	74
Вид промежуточной аттестации			Экзамен

3. Система оценивания

3.1. Система оценивания 100-бальная. Экзамен выставляется в ведомость в случае набора студентом:

60 баллов — "удовлетворительно";

75 баллов — "хорошо";

от 91 и более баллов — "отлично".

Форма промежуточной аттестации по дисциплине — экзамен. К экзамену допускаются все студенты вне зависимости от набранных баллов.

4. Содержание дисциплины

4.1. Тематический план дисциплины

Таблица 3

№ п/п	Наименование тем и/или разделов	Объем дисциплины, час.				
		Всего	Виды аудиторной работы (академические часы)			Консультации и иная контактная работа
			Лекции	Практические занятия	Лабораторные/практические занятия по подгруппам	
1	2	3	4	5	6	7
1.	Основные понятия и предмет химии	24	4	4	0	0
2.	Строение атома, периодический закон и периодическая система элементов	26	4	4	0	0
3.	Химическая связь и строение молекул	30	8	8	0	0
4.	Теория химических процессов	32	10	10	0	0

5.	Химические системы	30	8	8	0	0
	Экзамен	2	0	0	0	2
	Итого (часов)	144	34	34	0	2

4.2. Содержание дисциплины по темам

1. «Основные понятия и предмет химии»

- Основные понятия химии: вещество и химическое вещество, чистое вещество и смесь, химический элемент, простое вещество и сложное вещество.

- Химические и физические процессы.
- Атомно-молекулярное учение в химии.
- Стехиометрические законы химии.
- Атомные и молекулярные массы. Моль. Эквивалент. Валентность.
- Химические формулы. Структурные формулы.

2. «Строение атома, периодический закон и периодическая система элементов»

- Сложность строения атома. Планетарная модель строения атома Резерфорда. Атомное ядро, характеристики. Нуклоны. Изотопы.

- Электродинамическая несостоятельность планетарной модели. Электронная оболочка атома химического элемента.

- Квантовый характер излучения и поглощения энергии. Теория Бора, ее недостатки.

- Электрон как элементарная микрочастица. Корпускулярно-волновой дуализм. Принцип неопределенности Гейзенберга. Волновая функция.

- Электронные облака и их формы. Квантовые числа: главное, орбитальное, магнитное и спиновое. Принцип Паули. Энергетические диаграммы (электронно-графические структуры) атомов. Квантовые ячейки. Порядок заполнения энергетических уровней атомов.

- Принцип наименьшей энергии. Правило Хунда. Правила Клечковского. Электронные семейства элементов (s-, p-, d-, f- элементы). Валентные электроны. Понятие возбужденного и невозбужденного состояния атома.

- Современная трактовка периодического закона. Периодическая система и ее структура. Связь периодической системы и электронного строения атома. Периодичность изменения химических свойств элементов.

- Атомные радиусы.

- Электроотрицательность, закономерность изменения в вертикальных и горизонтальных рядах периодической системы, связь с электронными конфигурациями атомов.

- Энергия ионизации и сродство к электрону.

3. «Химическая связь и строение молекул»

- Природа химической связи (ХС). Условие образования химической связи. Характеристики ХС: энергия, длина, валентный угол, геометрическая форма химических молекул. Виды химической связи.

- Ковалентная связь (КС). Метод валентных связей. Способы образования КС: за счет неспаренных электронов и донорно-акцепторный механизм. Правило октета.

- неполярная и полярная КС. Диполь. Дипольный момент двухатомной молекулы. Направленность КС. Насыщаемость КС. Гибридизация атомных орбиталей. Виды гибридизации.

- Ионная связь, ее свойства. Водородная связь (межмолекулярная и внутримолекулярная), ее особое положение и значение. Межмолекулярное взаимодействие.

4. «Теория химических процессов»

- Химическая термодинамика. Первый закон термодинамики. Термохимия. Закон Гесса и его применения. Второй и третий законы термодинамики. Энтропия. Свободная

энергия Гиббса. Определение направления самопроизвольного протекания и движущей силы химических процессов.

- Химическое равновесие. Обратимые и необратимые реакции. Константа равновесия. Закон действующих масс. Принцип Ле Шателье.

- Химическая кинетика. Скорость химической реакции, средняя и истинная. Основной закон химической кинетики. Кинетические уравнения. Константа скорости, физический смысл. Зависимость скорости реакции от температуры. Уравнение Аррениуса. Энергия активации. Правило Вант-Гоффа. Температурный коэффициент.

- Катализ (гомогенный, гетерогенный, ферментативный). Применение катализа. Ингибирование.

5. «Химические системы»

- Классы химических веществ: неорганические, органические и другие вещества

- Растворы. Типы растворов. Процесс растворения. Характеристики растворов: концентрация и способы ее выражения, растворимость. Коллигативные свойства растворов. Законы Рауля. Явление осмоса.

- Растворы электролитов. Электролитическая диссоциация. Степень электролитической диссоциации. Классификация электролитов по силе. Равновесия в растворах электролитов. Константа диссоциации. Закон разбавления Оствальда.

- Сильные электролиты. Изотонический коэффициент, связь со степенью диссоциации. Активность, коэффициент активности.

- Диссоциация воды (автопротолиз). Ионное произведение воды. Водородный показатель.

- Гидролиз солей. Константа и степень гидролиза.

- Гетерогенное равновесие. Произведение растворимости. Смещение равновесия осадок \Leftrightarrow насыщенный раствор.

- Окислительно-восстановительные системы. Окислительно-восстановительные реакции. Степень окисления (электрохимическая валентность). Окисление и восстановление. Окислители и восстановители. Классификация ОВР. Составление уравнений ОВР.

- Электрохимические процессы. Электродный потенциал. Ряд напряжений металлов. Электролиз. Коррозия металлов и борьба с ней.

- Дисперсные системы. Дисперсность. Классификация дисперсных систем. Устойчивость и коагуляция дисперсных систем. Поверхностно-активные вещества.

- Полимеры и олигомеры. Особенности состава, строения и свойств ВМС. Полимеризация и поликонденсация. Особенности химических свойств полимеров. Применение ВМС.

5. Учебно-методическое обеспечение и планирование самостоятельной работы обучающихся

Таблица 4

№ Темы	Темы	Формы СРС, включая требования к подготовке к занятиям
1	Основные понятия и предмет химии	Чтение основной и дополнительной литературы, изучение интернет-ресурсов, проработка лекций.
2	Строение атома, периодический закон и периодическая система элементов	Чтение основной и дополнительной литературы, изучение интернет-ресурсов, проработка лекций.
3	Химическая связь и строение молекул	Чтение основной и дополнительной литературы, изучение интернет-ресурсов, проработка лекций.

4	Теория химических процессов	Чтение основной и дополнительной литературы, изучение интернет-ресурсов, проработка лекций.
5	Химические системы	Чтение основной и дополнительной литературы, изучение интернет-ресурсов, проработка лекций.

6. Промежуточная аттестация по дисциплине

6.1. Оценочные материалы для проведения промежуточной аттестации по дисциплине

Экзамен проводится в устной форме. Экзаменационный билет содержит два теоретических вопроса, ответ на билет проводится в форме собеседования по ним. Собеседование имеет цель выявления уровня освоения дисциплины, характеризующего знания обучающегося в соответствии с определенными компетенциями. Для получения положительной оценки необходимо ответить на оба вопроса, содержащихся в билете. Допускаются небольшие недочеты, отсутствие дополнительных сведений о явлении или процессе.

Примерные вопросы к сдаче экзамена:

1. Предмет химии. Основные понятия химии: химический элемент, вещество, простое вещество и сложное вещество, смеси. Химические и физические процессы.
2. Атомно-молекулярное учение в химии. Стехиометрические законы химии. Валентность. Химические формулы.
3. Сложность строения атома. Модели строения атома (Томсона, Резерфорда). Теория Бора.
4. Атомное ядро, его характеристики. Изотопы.
5. Электрон как элементарная микрочастица. Корпускулярно-волновой дуализм. Электронные облака и их формы.
6. Квантовые числа: главное, орбитальное, магнитное и спиновое. Принцип Паули.
7. Строение многоэлектронных атомов. Правила заполнения атомных орбиталей электронами.
8. Электронные семейства элементов (s-, p-, d-, f- элементы). Валентные электроны. Понятие возбужденного и невозбужденного состояния атома. Понятие валентности.
9. Современная трактовка периодического закона. Периодическая система и ее структура. Связь периодической системы и электронного строения атома.
10. Периодичность изменения химических свойств элементов: атомные радиусы, электроотрицательность, энергия ионизации и сродство к электрону.
11. Химическая связь, ее природа. Условие образования химической связи. Характеристики химической связи. Виды химической связи.
12. Ковалентная связь (КС). Метод валентных связей. Способы образования КС: за счет неспаренных электронов и донорно-акцепторный механизм. Правило октета.
13. Ковалентная связь. неполярная и полярная ковалентная связь. Понятие диполя и дипольного момента двухатомной молекулы.
14. Ковалентная связь. Свойства ковалентной связи: насыщенность и направленность.
15. Гибридизация атомных орбиталей. Виды гибридизации.
16. Ионная связь, способ ее образования и свойства.
17. Металлическая связь. Водородная связь: особое положение этой связи и ее значение.
18. Межмолекулярное взаимодействие.
19. Химическая термодинамика. Первый закон термодинамики. Тепловой эффект реакции. Закон Гесса.
20. Понятие энтропии и свободной энергии Гиббса. Определение направления самопроизвольного протекания химических процессов.

21. Обратимые и необратимые реакции. Химическое равновесие. Признаки химического равновесия.
22. Закон действия масс. Константа равновесия, ее физический смысл. Факторы, влияющие на значение константы равновесия.
23. Химическое равновесие. Принцип Ле Шателье. Способы смещения химического равновесия.
24. Химическая кинетика. Понятие скорости химической реакции. Основной закон химической кинетики.
25. Факторы, влияющие на скорость химической реакции. Зависимость скорости реакции от концентрации реагирующих веществ. Константа скорости, ее физический смысл.
26. Зависимость скорости реакции от температуры. Правило Вант-Гоффа. Понятие энергии активации. Уравнение Аррениуса.
27. Понятие катализа. Роль катализатора в химических реакциях. Типы катализа.
28. Растворы. Типы растворов. Процесс растворения. Характеристики растворов: концентрация и растворимость.
29. Коллигативные свойства растворов. Законы Рауля. Явление осмоса.
30. Растворы электролитов. Электролитическая диссоциация. Степень электролитической диссоциации. Классификация электролитов по силе.
31. Равновесия в растворах электролитов. Константа диссоциации. Закон разбавления Оствальда.
32. Сильные электролиты. Изотонический коэффициент, связь со степенью диссоциации. Активность, коэффициент активности. Ионная пара, ионная сила раствора.
33. Диссоциация воды (автопротолиз). Ионное произведение воды. Водородный показатель.
34. Гидролиз солей. Константа и степень гидролиза.
35. Гетерогенное равновесие. Произведение растворимости. Смещение равновесия осадок \Leftrightarrow насыщенный раствор.
36. Окислительно-восстановительные реакции. Понятие степени окисления. Окисление и восстановление. Окислители и восстановители. Классификация ОВР.
37. Окислительно-восстановительные реакции. Составление уравнений ОВР.
38. Дисперсные системы. Классификация дисперсных систем. Устойчивость и коагуляция дисперсных систем. Поверхностно-активные вещества.
39. Органические соединения. Особенности органических соединений (гомология и изомерия). Классификация органических соединений.
40. Полимеры и олигомеры. Особенности состава, строения и свойств ВМС. Полимеризация и поликонденсация. Особенности химических свойств полимеров.

6.2 Критерии оценивания компетенций:

Таблица 5

Карта критериев оценивания компетенций

№ п/п	Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенций, соотнесенные с планируемыми результатами обучения	Оценочные материалы	Критерии оценивания
1.	ОПК-1: способен использовать фундаментальные законы природы и основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности	<p>Пороговый уровень освоения ОП (удовл.): <i>Знает:</i> базовые общепрофессиональные знания законов природы и профессиональной деятельности. <i>Умеет:</i> анализировать информацию по основным законам естественнонаучных дисциплин; анализировать научно-техническую информацию по тематике профессиональной деятельности.</p> <p>Базовый уровень (хор.): <i>Знает:</i> теоретические основы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности. <i>Умеет:</i> анализировать фундаментальные законы природы в профессиональной деятельности; анализировать аспекты используемого отечественного опыта по тематике профессиональной деятельности.</p> <p>Повышенный уровень (отл.): <i>Знает:</i> теоретические основы профессиональной деятельности, основные механизмы и процессы природных и природно-техногенных объектов; теоретические основы зарубежного опыта в сфере профессиональной деятельности. <i>Умеет:</i> анализировать способы и методы решения задач, основанных на законах естественнонаучных дисциплин, применяемых в профессиональной деятельности; анализировать научно-техническую информацию зарубежного опыта по тематике профессиональной деятельности.</p>	Конспекты лекций. Устный опрос в ходе практических занятий, решение задач.	Присутствие и конспектирование лекционного материала на лекционном занятии. Полнота и правильность устных ответов на поставленные вопросы, количество правильно решенных задач. Полнота представления решения, необходимые расчеты, уравнения реакций в молекулярной и ионной формах, аналитические эффекты реакций, выводы. Экзамен: правильность ответов на вопросы, ссылки на дополнительные источники при ответе.

7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

7.1. Основная литература:

Апарнев А.И. Общая и неорганическая химия. Ч.2. Химия элементов: учебное пособие/ А.И. Апарнев, Л.В. Шевницына. — Новосибирск: Новосибирский государственный

технический университет, 2015. — 90 с. [Электронный ресурс] — ISBN 978-57782-2738-5. — Текст: электронный. — URL: <http://www.iprbookshop.ru/91626.html>. — ЭБС «IPRbooks» (дата обращения: 12.05.2021). — Режим доступа: по подписке.

7.2. Дополнительная литература:

Мартынова, Т.В., Супоницкая, И.И., Агеева, Ю.С. Неорганическая химия [Электронный ресурс]: учебник / Т.В. Мартынова. — М.: ИНФРА-М, 2017. — 336 с. — Режим доступа: <https://znanium.com/catalog/document?pid=648408> (дата обращения 12.05.2021).

7.3. Интернет-ресурсы:

—

7.4. Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы:

1. eLIBRARY — научная библиотека (г. Москва). — <http://elibrary.ru>
2. Отраслевая электронная библиотека OnePetro. — <https://www.onepetro.org/>

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

• Лицензионное ПО, в том числе отечественного производства:

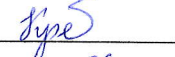
платформа для электронного обучения Microsoft Teams, офисный пакет Microsoft Office.

9. Технические средства и материально-техническое обеспечение дисциплины

Аудитории для лекционных и практических занятий должны быть обеспечены мультимедийным оборудованием (компьютер, проектор, система воспроизведения звука и др.) для демонстрации презентаций, видеофильмов и пр.

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«ТЮМЕНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

УТВЕРЖДАЮ
Заместитель директора
Физико-технического института
по учебной работе


С.А. Креков
« 23 » 06 2021 г.

МЕТРОЛОГИЯ, СТАНДАРТИЗАЦИЯ, СЕРТИФИКАЦИЯ
Рабочая программа дисциплины
для обучающихся по направлению подготовки
16.03.01 Техническая физика
Профиль: Техническая физика в нефтегазовых технологиях
форма обучения: очная

Никулин С.Г. Метрология, стандартизация, сертификация. Рабочая программа дисциплины для обучающихся по направлению подготовки 16.03.01 Техническая физика, профиль: Техническая физика в нефтегазовых технологиях, форма обучения очная. Тюмень, 2021.

Рабочая программа дисциплины опубликована на сайте ТюмГУ:
<http://www.utmn.ru/sveden/education/#>.

1. Пояснительная записка

Актуальность дисциплины заключается в предоставлении обучающимся информации о необходимых требованиях к метрологии, стандартизации и сертификации, предъявляемых в настоящее время во всех отраслях промышленности, промышленной безопасности и экологии, обороне и безопасности государства.

Данная дисциплина **предназначена** для углубленного изучения физических свойств объектов, явлений и, как следствие, применения знаний в исследовательской, инженерно-проектной и производственной деятельности.

Целью изучения дисциплины «Метрология, стандартизация, сертификация» является формирование у студентов знаний в областях теоретической и практической метрологии, стандартизации и сертификации, а также обучение их практическим навыкам работы с нормативно-технической документацией и средствами измерений физических величин.

Основные **задачи** изучения дисциплины состоят в получении студентами основных научно-практических знаний в области метрологии, стандартизации и сертификации, необходимых для решения задач обеспечения единства измерений и контроля качества продукции (услуг); метрологическому и нормативному обеспечению разработки, производства, испытаний и эксплуатации продукции; планирования и выполнения работ по стандартизации и сертификации продукции и процессов разработки и внедрения систем управления качеством.

1.1. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Данная дисциплина входит в блок Б1 Дисциплины (модули), обязательная часть.

Для успешного изучения необходимы знания и умения, приобретенные в результате освоения предшествующих дисциплин общей физики и математики.

Освоение дисциплины необходимо для выполнения научно-исследовательской работы, а также для подготовки и написания выпускной квалификационной работы.

1.2. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения данной дисциплины

Таблица 1

Код и наименование компетенции (из ФГОС ВО)	Код и наименование части компетенции	Планируемые результаты обучения: (знаниевые/функциональные)
ОПК-3: способен самостоятельно осваивать современную физическую, аналитическую и технологическую аппаратуру различного назначения и работать на ней	–	<p>Знает</p> <ul style="list-style-type: none"> - избранные области экспериментальных физических исследований; - основы профессиональной эксплуатации приборов и оборудования; - тенденции развития современной приборной базы. <p>Умеет</p> <ul style="list-style-type: none"> - использовать различные метрические системы; - использовать в работе эксплуатационные документы на оборудование; - работать с различной измерительной и аналитической аппаратурой, оценивать достоверность и погрешность измерений.

ОПК-4: способен самостоятельно проводить теоретические и экспериментальные исследования в избранной области технической физики, использовать основные приемы обработки и представления полученных данных, учитывать современные тенденции развития технической физики в своей профессиональной деятельности	–	<p>Знает</p> <ul style="list-style-type: none"> - эффективные методы исследований технологических процессов, явлений, методы стандартных и сертификационных испытаний технологических процессов и устройств, - современные тенденции развития технической физики. <p>Умеет</p> <ul style="list-style-type: none"> - планировать и проводить экспериментальные исследования; - анализировать базы данных, полученных в результате проведенных испытаний, исследований и измерений; - грамотно использовать методики (методы) измерений, методики поверки при проведении поверки средств измерений, оценивать погрешность полученных результатов.
ПК-1: способен применять методы проведения экспериментов в соответствующей области знаний, оформлять результаты научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ	–	<p>Знает</p> <ul style="list-style-type: none"> - методы и последовательность проведения экспериментов; - алгоритмы оформления результатов проведения научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ. <p>Умеет</p> <ul style="list-style-type: none"> - анализировать проведенные эксперименты; - использовать нормативные документы для оформления результатов проведенных научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ.

2. Структура и объем дисциплины

Таблица 2

Вид учебной работы		Всего часов (академические часы)	Часов в семестре (академические часы)
		6 семестр	
Общий объем	зач. ед. час	4	4
		144	144
Из них:			
Часы контактной работы (всего):		50	50
Лекции		18	18
Практические занятия		0	0
Лабораторные / практические занятия по подгруппам		32	32
Консультации и иная контактная работа		2	2
Часы внеаудиторной работы, включая самостоятельную работу обучающегося		92	92
Вид промежуточной аттестации		Экзамен	

3. Система оценивания

3.1. Текущий контроль может осуществляться по следующим видам деятельности:

- посещение встреч;
- выполнение творческого задания;
- работа на учебной встрече;
- допуск к лабораторным работам;
- выполнение лабораторных работ;
- защита лабораторных работ;
- защита проекта.

При условии соблюдения требований текущего контроля, обучающийся набирает n-ое количество баллов (в соответствии с нормами МУП):

- посещение и прослушивание лекций — 3 балла;
- выполнение творческого задания — 3 балла;
- допуск, выполнение, защита лабораторной работы — по 1 баллу;
- защита проекта — 6 баллов.

По итогам набранных баллов обучающийся может получить оценку за экзамен.

Лабораторные работы, выполненные в срок и грамотно, являются показателем усвоения теоретического материала, предоставляемого обучающимся в течение учебного периода. При допуске к лабораторной работе, при правильно выполненной лабораторной работе и при развернутом ответе на вопросы по теме лабораторной работы обучающийся получает по 1 баллу за каждый этап выполнения работ.

Если обучающийся желает улучшить свой рейтинг по дисциплине, ему предоставляется право набрать дополнительные баллы — пересдать лабораторные работы, выполнить дополнительные задания и т.п.

Форма промежуточной аттестации – экзамен.

К сдаче экзамена допускаются все студенты. Экзаменационную оценку можно получить автоматически, при условии:

- студенты, набравшие от 61 до 75 баллов за семестр, получают оценку «удовлетворительно»;
- студенты, набравшие от 76 до 90 баллов за семестр, получают оценку «хорошо»;
- студенты, набравшие от 91 до 100 баллов за семестр, получают оценку «отлично».

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

Критерием освоения дисциплины также является выполнение и защита всех лабораторных работ и индивидуального проекта. Защита проекта проводится в формате презентаций.

Результаты работы студента над проектом оформляются в виде отчета, который должен содержать следующие разделы:

- Титульный лист;
- Оглавление;
- Введение;
- Основная часть;
- Заключение;
- Библиография (список использованных источников информации);
- Приложения (при наличии).

4. Содержание дисциплины

4.1. Тематический план дисциплины

Таблица 3

№ п/п	Наименование тем и/или разделов	Объем дисциплины, час.				
		Всего	Виды аудиторной работы (академические часы)			Консультации и иная контактная работа
			Лекции	Практические занятия	Лабораторные/ практические занятия по подгруппам	
1	2	3	4	5	6	7
1	Введение в метрологию, стандартизацию и сертификацию	8	2	0	0	0
2	Линейно-угловые измерения	12	0	0	4	0
3	Метрологическое обеспечение производства	8	6	0	0	0
4	Расходомерия газа	12	0	0	4	0
5	Расходомерия жидкости	12	0	0	4	0
6	Работа со средствами измерений влагосодержания, температуры, уровня	12	0	0	4	0
7	Погрешность измерений	10	4	0	0	0
8	Работа со средствами измерений давления, перепада давления, плотности	12	0	0	4	0
9	Расчет и подбор средств измерений узла учета газа	12	0	0	4	0
10	Стандартизация	6	2	0	0	0
11	Расчет и подбор средств измерений узла учета нефти	12	0	0	4	0
12	Сертификация	6	2	0	0	0
13	Расчет и подбор средств измерений в резервуаре	14	0	0	4	0
14	Качество продукции	6	2	0	0	0
	Экзамен	2	0	0	0	2
	Итого (часов)	144	18	0	32	2

4.2. Содержание дисциплины по темам

1. «Введение в метрологию, стандартизацию и сертификацию»

Лекция по изучению понятий «Метрология», «Стандартизация» и «Сертификация». Практическое применение данных понятий, использование терминов на производственных площадках предприятий, в сфере потребительских услуг. Нормативно-законодательная база, применение и использование в теории и на практике.

2. «Линейно-угловые измерения»

Понятие линейно-угловых измерений. Практическое занятие по применению средств измерений линейно-угловых величин.

Расчет погрешности (неопределенности) средств измерений линейно-угловых величин.

3. «Метрологическое обеспечение производства»

Лекции по метрологическому обеспечению производства:

1. Метрология как основа измерений на производстве.
2. Соблюдение метрологических норм и правил при проектировании, конструировании, испытаниях и выпуске измерительного оборудования из производства.
3. Соблюдение метрологических норм и правил при аттестации испытательного оборудования на производстве.

4. «Расходомерия газа»

Анализ метрологических характеристик средств измерений, используемых при измерениях газа, в зависимости от назначения и отрасли народного хозяйства.

Подбор средств измерений расхода по заданным параметрам точности измерений.

Распределение тем индивидуальных проектов.

5. «Расходомерия жидкости»

Анализ метрологических характеристик средств измерений, используемых при измерениях жидкости, в зависимости от назначения и отрасли народного хозяйства.

Подбор средств измерений расхода по заданным параметрам точности измерений.

6. «Работа со средствами измерений влагосодержания, температуры, уровня»

Знакомство с метрологическими характеристиками, предназначением и с нормативно-справочной документацией на данные средства измерений на практике.

Подбор средств измерений по заданным параметрам точности измерений.

Проверка промежуточных результатов подготовки индивидуальных проектов.

7. «Погрешность измерений»

Виды погрешностей. Расчет погрешности измерений.

8. «Работа со средствами измерений давления, перепада давления, плотности»

Знакомство с метрологическими характеристиками, предназначением и с нормативно-справочной документацией на данные средства измерений на практике.

Подбор средств измерений по заданным параметрам точности измерений.

Проверка промежуточных результатов подготовки индивидуальных проектов.

9. «Расчет и подбор средств измерений узла учета газа»

Знакомство с метрологическими характеристиками, предназначением и с нормативно-справочной документацией на данные средства измерений на практике.

Подбор средств измерений по заданным параметрам точности измерений с учетом требований к погрешности измерений узла учета газа.

10. «Стандартизация»

Знакомство с нормативно-законодательной базой.

Изучение, анализ и применение технической документации (ГОСТ, ТУ, РД и т.д.).

11. «Расчет и подбор средств измерений узла учета нефти»

Знакомство с метрологическими характеристиками, предназначением и с нормативно-справочной документацией на данные средства измерений на практике.

Подбор средств измерений по заданным параметрам точности измерений с учетом требований к погрешности измерений узла учета нефти.

Защита индивидуальных проектов в формате презентаций.

12. «Сертификация»

Знакомство с нормативно-законодательной базой. Сертификационные требования и нормативная документация.

Изучение, анализ и применение технической документации (ГОСТ, ТУ, РД и т.д.).

13. «Расчет и подбор средств измерений в резервуаре»

Знакомство с метрологическими характеристиками, назначением и с нормативно-справочной документацией на данные средства измерений на практике.

Подбор СИ по заданным параметрам точности измерений с учетом требований к погрешности измерений массы нефти.

Защита индивидуальных проектов в формате презентаций.

14. «Качество продукции»

Взаимодействие метрологии со службой качества.

Подбор средств измерений испытательного оборудования.

Знакомство с технической документацией.

5. Учебно-методическое обеспечение и планирование самостоятельной работы обучающихся

Таблица 4

№ темы	Темы	Формы СРС, включая требования к подготовке к занятиям
1	Введение в метрологию, стандартизацию и сертификацию	Изучение обязательной и дополнительной литературы.
2	Линейно угловые измерения	Практические работы со средствами измерений линейно-угловых величин.
3	Метрологическое обеспечение производства	Изучение обязательной и дополнительной литературы. Рассмотрение и анализ нормативно-законодательной базы метрологического обеспечения производства.
4	Расходомерия газа	Проектирование документов (ОТ, РЭ, МП, МИ). Рассмотрение и анализ нормативно-законодательной базы.
5	Расходомерия жидкости	Проектирование документов (ОТ, РЭ, МП, МИ). Рассмотрение и анализ нормативно-законодательной базы.
6	Работа со средствами измерений влагосодержания, температуры, уровня	Проработка лекций. Ознакомление с нормативно-справочной документацией на средства измерений влагосодержания, температуры, уровня. Ознакомление с метрологическими характеристиками данных средств измерений. Проектирование документов (ОТ, РЭ, МП, МИ).
7	Погрешность измерений	Проработка лекций. Изучение обязательной и дополнительной литературы. Рассмотрение и анализ нормативно-законодательной базы.
8	Работа со средствами измерений давления, перепада давления, плотности	Проработка лекций. Ознакомление с нормативно-справочной документацией на средства измерений давления, перепада давления, плотности. Ознакомление с метрологическими характеристиками данных средств измерений.

9	Расчет и подбор средств измерений узла учета газа	Проработка лекций. Ознакомление с нормативно-справочной документацией на подбираемые средства измерений узла учета газа. Ознакомление с метрологическими характеристиками.
10	Стандартизация	Изучение обязательной и дополнительной литературы. Рассмотрение и анализ нормативно-законодательной базы.
11	Расчет и подбор средств измерений узла учета нефти	Проработка лекций. Ознакомление с нормативно-справочной документацией на подбираемые средства измерений узла учета нефти. Ознакомление с метрологическими характеристиками. Подготовка к защите проектов в формате презентации.
12	Сертификация	Изучение обязательной и дополнительной литературы. Рассмотрение и анализ нормативно-законодательной базы.
13	Расчет и подбор средств измерений в резервуаре	Проработка лекций. Ознакомление с нормативно-справочной документацией на подбираемые средства измерений в резервуаре. Ознакомление с метрологическими характеристиками. Подготовка к защите проектов в формате презентации.
14	Качество продукции	Изучение обязательной и дополнительной литературы. Рассмотрение и анализ нормативно-законодательной базы.

6. Промежуточная аттестация по дисциплине

6.1 Оценочные материалы для проведения промежуточной аттестации по дисциплине

Экзамен проводится в устной форме. Экзаменационный билет содержит два вопроса.

Ответы на экзаменационный билет оцениваются по следующим критериям:

- оценка «отлично» выставляется обучающемуся, который дает полный, развернутый ответ на поставленный вопрос с использованием информации, подчерпнутой из дополнительной литературы; раскрывает основные положения темы;

- оценка «хорошо» выставляется обучающемуся, который дает полный, развернутый ответ на поставленный вопрос, раскрывает основные положения темы, при этом, в ответе могут быть допущены недочеты или незначительные ошибки, исправленные с помощью преподавателя;

- оценка «удовлетворительно» выставляется обучающемуся, который дает недостаточно полный и недостаточно развернутый ответ; логика и последовательность изложения имеют нарушения, требуются поправки и коррекция преподавателя;

- оценка «неудовлетворительно» выставляется обучающемуся, который дает неполный ответ, представляющий собой разрозненные знания по теме вопроса с существенными ошибками; дополнительные и уточняющие вопросы преподавателя не приводят к коррекции ответа обучающегося не только на поставленный вопрос, но и на другие вопросы дисциплины, либо обучающийся отказывается от ответа.

Примерный перечень экзаменационных вопросов:

1. Предмет метрологии.
2. Структура теоретической метрологии. Краткий очерк истории развития метрологии.
3. Физическая величина.
4. Измерение.
5. Методы измерений.
6. Средства измерений. Погрешность измерений.
7. Классификация погрешностей. Принципы описания и оценивания погрешностей.
8. Систематические погрешности, обнаружение и исключение. Компенсация систематической погрешности в процессе измерения.
9. Случайные погрешности. Вероятностное описание результатов и погрешностей.

10. Оценка результата измерения. Нормальное распределение.
 11. Варианты оценки случайных погрешностей.
 12. Прямые измерения с многократными наблюдениями. Обработка данных.
 13. Прямые однократные измерения с точным оцениванием погрешности.
- Однократные измерения с приближенным оцениванием погрешности.
14. Косвенные измерения.
 15. Совместные измерения.
 16. Испытания образцов продукции.
 17. Измерительный контроль.
 18. Международные рекомендации по оцениванию неопределенности результата измерения.
 19. Электрические измерения неэлектрических величин. Общие сведения.
- Термоэлектрические преобразователи (термопары).
20. Термометры сопротивления.
 21. Термисторы. Оптическая пирометрия.
 22. Классификация средств измерений.
 23. Измерение давления и вакуума.
 24. Измерение уровня жидкости
 25. Измерение расхода жидкости, газа и пара. Общие сведения и классификация.
 26. Метод переменного перепада давления. Метод постоянного перепада давления.
 27. Метод скоростного напора. Тепловой метод.
 28. Ультразвуковой и электромагнитный методы.
 29. Вихревые, камерные и оптические расходомеры.
 30. Методы измерений, применяемые в газовом анализе.
 31. Измерение геометрических размеров. Общие сведения
 32. Измерение шероховатости поверхности.
 33. Элементы теории динамических измерений. Общие сведения.
 34. Полные динамические характеристики средств измерения.
 35. Коррекция динамических погрешностей.
 36. Цели и задачи стандартизации. Виды и методы стандартизации.
 37. Категории и виды стандартов.
 38. Основные принципы стандартизации.
 39. Органы и службы стандартизации.
 40. Государственные и отраслевые системы стандартов на общие технические нормы, термины и определения.
 41. Единая система технологической подготовки производства (ЕСТПП). Государственная система обеспечения единства измерений (ГСИ).

6.2. Критерии оценивания компетенций:

Таблица 5

Карта критериев оценивания компетенций

№ п/п	Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенций, соотнесенные с планируемыми результатами обучения	Оценочные материалы	Критерии оценивания
1	ОПК-3: способен самостоятельно осваивать современную физическую, аналитическую и технологическую аппаратуру различного назначения и работать на ней	<p>Пороговый уровень освоения ОП (удовл.) <i>Знает:</i> основы эксплуатации приборов и оборудования для проведения исследований. <i>Умеет:</i> пользоваться и выполнять простые операции на оборудовании и в связанных с ним программных средствах.</p> <p>Базовый уровень (хор.) <i>Знает:</i> основы эксплуатации приборов и оборудования; методы исследований технологических процессов, явлений и методики поверки средств измерений. <i>Умеет:</i> проводить простые исследования процессов и явлений с использованием аналитического и технологического оборудования.</p> <p>Повышенный уровень (отл.) <i>Знает:</i> основы профессиональной эксплуатации приборов и оборудования; эффективные методы исследований технологических процессов, явлений, методы стандартных и сертификационных испытаний технологических процессов и устройств. <i>Умеет:</i> проводить различные исследования процессов и явлений с использованием современной физической, аналитической и технологической аппаратуры; проводить поверку средств измерений на оборудовании и с помощью связанных с ним программных средств; обрабаты-</p>	Отчет по лабораторной работе. Проектная работа	Знания эксплуатационной документации, уверенность при эксплуатации приборов и оборудования при проведении исследований технологических процессов и явлений. Грамотное использование программных средств при исследованиях и испытаниях. Соблюдение этапов при проведении поверки средств измерений. Умение обработать полученные данные и вычислить погрешность проведенных измерений.

		вать результаты поверки, вычислять погрешность проведенных измерений.		
2	ОПК-4: способен самостоятельно проводить теоретические и экспериментальные исследования в избранной области технической физики, использовать основные приемы обработки и представления полученных данных, учитывать современные тенденции развития технической физики в своей профессиональной деятельности	<p>Пороговый уровень (удовл.) <i>Знает:</i> фундаментальные разделы общей физики; простые методы экспериментальных исследований. <i>Умеет:</i> применять физические законы и расчетные формулы при проведении теоретических и экспериментальных исследований.</p> <p>Базовый уровень (хор.) <i>Знает:</i> избранные области экспериментальных и теоретических физических исследований; современные информационно-коммуникационные технологии. <i>Умеет:</i> под руководством/самостоятельно проводить научно-исследовательские работы; решать/анализировать экспериментальные и теоретические задачи с помощью специализированных пакетов прикладных задач.</p> <p>Повышенный уровень (отл.) <i>Знает:</i> эффективные методы исследований технологических процессов, явлений, методы стандартных и сертификационных испытаний технологических процессов и устройств; современные тенденции развития технической физики. <i>Умеет:</i> планировать и проводить теоретические и экспериментальные исследования; анализировать базы данных, полученных в результате проведенных испытаний, исследований и измерений; грамотно использовать методики (методы) измерений, методики поверки при прове-</p>	Отчет по лабораторной работе. Проектная работа	Самостоятельность и объективная уверенность при разработке плана и проведении экспериментальных исследований, при обработке полученной базы данных с учетом использования основных приемов анализа проведенных экспериментов.

		дении поверки средств измерений, оценивать погрешность полученных результатов.		
3	ПК-1: способен применять методы проведения экспериментов в соответствующей области знаний, оформлять результаты научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ	<p>Пороговый уровень (удовл.) <i>Знает:</i> основные подходы при составлении плана проведения экспериментов; перечень нормативной документации для оформления результатов научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ. <i>Умеет:</i> составлять примерную программу проведения экспериментов в обобщенном виде без необходимой детализации.</p> <p>Базовый уровень (хор.) <i>Знает:</i> методы планирования эксперимента; содержание нормативной документации для оформления результатов научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ. <i>Умеет:</i> составлять программу проведения экспериментов в обобщенном виде с подробной детализацией отдельных разделов; разрабатывать план научного эксперимента при консультативной помощи научного руководителя; использовать нормативную документацию для оформления результатов научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ.</p> <p>Повышенный уровень (отл.) <i>Знает:</i> методы планирования эксперимента и разработки экспериментальных моделей; нормативные документы по оформлению результатов научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ.</p>	Отчет по лабораторной работе. Проектная работа	Правильность в выборе и применении методов проведения экспериментов. Корректное оформление результатов научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ.

		<p>Умеет: составлять детальную программу экспериментов и модель изучаемого объекта; самостоятельно использовать положениями нормативной документации по оформлению результатов научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ; анализировать и оформлять результаты проведенных научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ.</p>		
--	--	--	--	--

7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

7.1. Основная литература:

1. Метрология: учебник / О.Б. Бавыкин, О.Ф. Вячеславова, Д.Д. Грибанов [и др.]; под общ. ред. С.А. Зайцева. — 3-е изд., перераб. и доп. — Москва: ФОРУМ: ИНФРА-М, 2020. — 522 с. — (Высшее образование: Бакалавриат). — ISBN 978-5-00091-474-8. — Текст: электронный. — URL: Режим доступа: <https://znanium.com/catalog/product/1086765> (дата обращения: 25.05.2021). — Режим доступа: по подписке.

2. Эрастов В.Е. Метрология, стандартизация и сертификация: Учебное пособие / В.Е. Эрастов. — Москва: Форум, 2017. — 208 с. (Высшее образование). ISBN 978-5-91134-193-0. — Текст: электронный. URL: <https://znanium.com/catalog/product/636241> (дата обращения: 25.05.2021). — Режим доступа: по подписке.

7.2. Дополнительная литература:

1. Основы стандартизации, метрологии и сертификации: учебник для студентов вузов, обучающихся по направлениям стандартизации, сертификации и метрологии (200400), направлениям экономики (080100) и управления (080500) / А.В. Архипов, Ю.Н. Берновский, А.Г. Зекунов [и др.]; под редакцией В.М. Мишина. — Москва: ЮНИТИ-ДАНА, 2017. — 447 с. — ISBN 978-5-238-01173-8. — Текст: электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS: [сайт]. — URL: <http://www.iprbookshop.ru/74900.html> (дата обращения: 25.05.2021). — Режим доступа: для авторизир. пользователей.

2. Дехтярь, Г.М. Метрология, стандартизация и сертификация: Учебное пособие / Г.М. Дехтярь. — М.: КУРС: НИЦ ИНФРА-М, 2019. — 154 с. — ISBN 978-5-905554-44-5. — Текст: электронный. — URL: <https://znanium.com/catalog/product/1026634> (дата обращения: 25.05.2021). — Режим доступа: по подписке.

3. Колчков, В.И. Метрология, стандартизация, сертификация: учебник / В.И. Колчков. — 2-е изд., испр. и доп. — М.: ФОРУМ: ИНФРА-М, 2019. — 432 с. — (Высшее образование: Бакалавриат). — ISBN 978-5-00091-638-4. — Текст: электронный. — URL: <https://znanium.com/catalog/product/987717> (дата обращения: 25.05.2021). — Режим доступа: по подписке.

4. Любимова, Г.А. Метрология, стандартизация и подтверждение качества: учебное пособие / Г.А. Любимова. — Волгоград: Волгоградский ГАУ, 2016. — 88 с. — Текст: электронный. — URL: <https://znanium.com/catalog/product/620794> (дата обращения: 25.05.2021). — Режим доступа: по подписке.

5. Кириллов, В.И. Квалиметрия и системный анализ: Учебное пособие / Кириллов В.И., — 2-е изд., стер. — Москва: НИЦ ИНФРА-М, Нов. знание, 2014. — 440 с. (Высшее образование: Бакалавриат) ISBN 978-5-16-005464-3. — Текст: электронный. — URL:

<https://znanium.com/catalog/product/429148> (дата обращения: 25.05.2021). — Режим доступа: по подписке.

6. Сергеев, А.Г. Метрология. История, современность, перспективы: учебное пособие / А.Г. Сергеев. — Москва: Логос, Университетская книга, 2011. — 381 с. — ISBN 978-5-98704-554-1. — Текст: электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS: [сайт]. — URL: <http://www.iprbookshop.ru/70696.html> (дата обращения: 25.05.2021). — Режим доступа: для авторизир. пользователей.

7.3. Интернет-ресурсы:

1. eLIBRARY – научная библиотека (г. Москва). — <http://elibrary.ru>

7.4. Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы:

- Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений- база данных (Свидетельство о регистрации базы данных № 2011620812, зарегистрировано 11.11.2011);
- Консультант Плюс (информационно-справочная правовая система, свободный доступ).

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

- Лицензионное ПО, в том числе отечественного производства:

платформа для электронного обучения Microsoft Teams, офисный пакет Microsoft Office.

9. Технические средства и материально-техническое обеспечение дисциплины

Для проведения лекционных занятий требуется аудитория, оснащенная мультимедийным оборудованием.

Для проведения лабораторных занятий требуется лаборатория, оснащенная необходимым оборудованием, материалами и учебно-методической литературой. Во время проведения занятий в лаборатории необходим инженер.

Список оборудования для проведения лабораторных занятий:

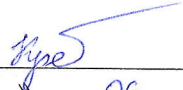
1. персональные компьютеры (ПК) — 10 шт.;
2. многофункциональное устройство (МФУ) — 1 шт.;
3. интерактивная доска — 1 шт.;
4. проектор — 1 шт.;
5. средства измерений линейно-угловых величин:
 - 5.1. штангенциркуль;
 - 5.2. микрометр;
 - 5.3. рулетка;
 - 5.4. микроскоп ИМЦЛ;
 - 5.5. меры длины;
6. средства измерений теплофизических величин:
 - 6.1. датчики температуры;
 - 6.2. датчики давления;
 - 6.3. датчики перепада давления;
 - 6.4. датчики уровня (межфазного уровня);
 - 6.5 расходомеры жидкостные, газовые:
 - электромагнитные;
 - кориолисовые;
 - вихревые;
 - ультразвуковые;

- роторно-лопастные;
- перепада давления;
- плотномеры поточные;
- ареометры (эталонные).

Научно-испытательный стенд (НИС) — рабочий эталон 1-го разряда многофазного потока.

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«ТЮМЕНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

УТВЕРЖДАЮ
Заместитель директора
Физико-технического института
по учебной работе


_____ С.А. Креков
« 23 » _____ 06. _____ 2021 г.

ОБЪЕКТНО-ОРИЕНТИРОВАННОЕ ПРОГРАММИРОВАНИЕ

Рабочая программа дисциплины
для обучающихся по направлению подготовки
16.03.01 Техническая физика
Профиль: Техническая физика в нефтегазовых технологиях
форма обучения: очная

Флягин В.М. Объектно-ориентированное программирование. Рабочая программа для обучающихся по направлениям подготовки 16.03.01 Техническая физика, профиль «Техническая физика в нефтегазовых технологиях», очная форма обучения. Тюмень, 2020.

Рабочая программа дисциплины опубликована на сайте ТюмГУ: Объектно-ориентированное программирование [электронный ресурс] / Режим доступа: <https://www.utmn.ru/sveden/education/#>

© Тюменский государственный университет, 2021.

© Флягин Виктор Михайлович, 2021.

1. Пояснительная записка

Умение использовать программные средства автоматизации обработки данных и расчётов является мощным инструментом в руках инженеров-разработчиков и научных работников. Поэтому при подготовке студентов-физиков важно познакомить их с новейшими принципами программирования и предоставить им возможность быстрой разработки и последующей модификации визуальных приложений для операционных сред семейства Windows.

Целью дисциплины является изучение основ объектно-ориентированного программирования и принципов создания приложений, поддерживающих требования интерфейса операционной среды Windows. В качестве инструментального средства разработки приложений изучается пакет Lazarus компании Borland Software Corporation. Объектно-ориентированное программирование сегодня является наиболее мощным средством, позволяющим как моделировать объекты реального мира, так и генерировать виртуальные объекты. Использование визуального программирования существенно облегчает разработку интерфейса приложений, ориентированного на стандарт визуальных оболочек. Области применения знаний данной дисциплины затрагивают практически каждого пользователя и специалиста, позволяя разрабатывать приложения от простейших расчётных форм до многопользовательских программных комплексов с применением графического интерфейса и средств сети Internet. Дисциплина предусматривает изучение теоретической базы объектно-ориентированного программирования и практическую подготовку студентов по вопросам Windows-приложений.

Задачами дисциплины являются:

- изучение основ объектно-ориентированного программирования;
- освоение основных компонент разработки приложений;
- изучение специальных разделов Windows-программирования (реализация многозадачности, СОМ технологии).

1.1. Место дисциплины в структуре образовательной программы

«Объектно-ориентированное программирование» относится к вариативной части блока Б1 Дисциплины учебных планов 03.03.02 Физика: Фундаментальная физика и 16.03.01 Техническая физика: Техническая физика в нефтегазовых технологиях.

Содержание курса базируется на знаниях, приобретённых при изучении предшествующих дисциплин: «Информатика», «Программирование».

1.2. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения данной дисциплины

Таблица 1

Направление подготовки 16.03.01 Техническая физика:

Код и наименование компетенции (из ФГОС ВО)	Компонент (знаниевый/функциональный)
ОПК-4: способность решать стандартные задачи профессиональной деятельности на основе информационной и библиографической культуры с применением информационно-коммуникационных технологий и с учетом основных требований информационной безопасности	<p>Знает: способы представления информации в ЭВМ; алгоритмы выбора разрядности переменных и структур для хранения данных исходя из вида и объёма обрабатываемых данных; способы создания произвольных типов данных; основные понятия о базах данных и способах работы с ними.</p> <p>Умеет: построить модель поставленной задачи; выбирать тип переменных для хранения данных конкретной задачи из набора стандартных простых и структурированных типов, а также определять пользовательские типы данных, наиболее подходящие для решения поставленной задачи.</p>

<p>ОПК-6: способность работать с распределенными базами данных, работать с информацией в глобальных компьютерных сетях, применяя современные образовательные и информационные технологии</p>	<p>Знает: понятия класса, объекта, способы применения стандартных классов и объектов для создания современных графических программ; способы определения произвольных классов и создания объектов на их основе.</p> <p>Умеет: создавать, компилировать, тестировать на работоспособность и отлаживать программный код в среде программирования Lazarus, самостоятельно определять и устранять ошибки; налаживать связь между приложениями для автоматизации их исполнения.</p>
<p>ПК-10: способность применять современные информационные технологии, пакеты прикладных программ, сетевые компьютерные технологии и базы данных в предметной области для расчета технологических параметров</p>	<p>Знает: наборы компонент Lazarus, реализующих функции интерфейса Windows, их свойства, события и методы; компоненты для создания многооконных и многопоточных программных продуктов для профессиональной деятельности.</p> <p>Умеет: создавать интерфейс программы на основе полного спектра компонент Lazarus, настраивать свойства и обработчики событий компонент для создания программных продуктов для профессиональной деятельности.</p>

2. Структура и объём дисциплины

Таблица 3

Вид учебной работы		Всего часов (академические часы)	Часов в семестре (академические часы)
			7 семестр
Общая трудоёмкость	зач.ед.	5	5
	час	180	180
Из них:			
Часы аудиторной работы (всего):		86	86
Лекции		0	0
Практические занятия		0	0
Лабораторные / практические занятия по подгруппам		86	86
Часы внеаудиторной работы, включая самостоятельную работу обучающегося		94	94
Вид промежуточной аттестации			Экзамен

3. Система оценивания

Форма промежуточной аттестации — зачёт. Для получения зачёта по дисциплине требуется набрать 61 балл.

Баллы начисляются пропорционально сложности заданий в лабораторных работах и творческих заданиях. Максимальное количество баллов за лабораторную работу можно получить, выполнив все требования к выполнению заданий и защите работы. Максимальное количество баллов за творческое задание можно получить за полноту решения поставленной задачи: лаконичность, удобство, детальную проработку.

Студенты, не набравшие в течение семестра минимально требуемой суммы баллов для получения зачёта, должны пройти промежуточный контроль по дисциплине. Он проводится в виде зачётного занятия с выполнением практического задания и устной защитой. При условии успешного выполнения задания студент получает зачёт по дисциплине.

4. Содержание дисциплины

4.1. Тематический план дисциплины

Таблица 4

№ п/п	Наименование тем и/или разделов	Объём дисциплины, час.				
		Всего	Виды аудиторной работы (академические часы)			Иные виды контактной работы
			Лекции	Практические занятия	Лабораторные/практические занятия по подгруппам	
1	2	3	4	5	6	7
1.	Введение	1	1	0	0	0
2.	Среда визуального программирования Lazarus	5	1	0	2	0
3.	Палитра компонентов	6	2	0	2	0
4.	Стандартные компоненты	6	2	0	2	0
5.	Диалоговые окна	6	2	0	2	0

6.	Организация интерфейса Drag&Drop	6	2	0	2	0
7.	Организация меню	6	2	0	2	0
8.	Графические компоненты	6	2	0	2	0
9.	Дополнительные способы вывода и отображения информации	6	2	0	2	0
10.	Создание MDI приложений	6	2	0	2	0
11.	Основные понятия ООП	6	2	0	2	0
12.	Свойства объектов	6	2	0	2	0
13.	События объектов	6	2	0	2	0
14.	Обработка исключительных ситуаций	6	2	0	2	0
15.	Разработка баз данных	14	6	0	4	0
16.	Многопоточные приложения	10	2	0	4	0
17.	Основы СОМ технологии	6	2	0	2	0
	Итого (часов)	108	36	0	36	0

4.2. Содержание дисциплины по темам

План лекционных занятий:

Тема 1. Введение.

Основные разделы курса. Историческая справка. Обзор различных подходов к разработке программ.

Тема 2. Среда визуального программирования Lazarus.

Общие характеристики. Основные инструменты. Назначение внутренних окон. Проекты: структура, создание, отладка, сохранение.

Тема 3. Палитра компонентов.

Размещение компонентов на макете. Окно настройки параметров компонентов. Общие свойства и общие события компонентов.

Тема 4. Стандартные компоненты.

Взаимодействие элементов управления, элементов ввода-вывода данных различного типа друг с другом.

Тема 5. Диалоговые окна.

Использование стандартных диалоговых компонентов. Создание текстового редактора общего назначения.

Тема 6. Организация интерфейса Drag&Drop.

Основные события, механизмы интерфейса Drag&Drop, разработка приложений, поддерживающих интерфейс Drag&Drop.

Тема 7. Организация меню.

Создание и настройка главного меню приложения и контекстного меню.

Тема 8. Графические компоненты.

Графические классы. Класс TCanvas: работа с фактурой, фигурами, графическими образами. Встроенный графический редактор.

Тема 9. Дополнительные способы вывода и отображения информации.

Кнопки настройки, кнопки с растровым узором, панели инструментов, строка ввода с настройкой, строка ввода с маской. Использование таймера. Создание многостраничных форм с несколькими вкладками. Табличные формы отображения строковой и графической информации.

Тема 10. Создание MDI приложений.

Возможности разработки многодокументных и однодокументных приложений с несколькими формами. Модальные формы.

Тема 11. Основные понятия объектно-ориентированного программирования.

Классы и объекты. Поля и методы объектов. Жизненный цикл объектов, конструкторы и деструкторы.

Тема 12. Свойства объектов.

Инкапсуляция, наследование, полиформизм. Виртуальные и динамические методы. Состав класса TObject. Компонентный подход к созданию приложений. Классы TPersistent и TComponent.

Тема 13. События объектов.

Механизм реализации событий. Пользовательские события. Обработка сообщений WINDOWS. Области видимости. Указатели на класс.

Тема 14. Обработка исключительных ситуаций.

Стандартные исключительные ситуации. Виды обработки исключений. Организация собственных исключительных ситуаций.

Тема 15. Разработка баз данных.

Механизм BDE для работы с базами данных. Компоненты для доступа к базам данных и для визуализации информации. Организация реляционных баз данных. Отыскиваемые и вычисляемые поля. Таблицы главный–подчиненный. Организация сортировки и фильтрации.

Тема 16. Многопоточные приложения.

Потоки и процессы. Создание программных потоков (Thread) и управление ими. Разработка многопоточных приложений.

Тема 17. Основы COM технологии.

Использование технологии OLE. Создание OLE-контейнера. Использование технологии автоматизации. Создание automation-контейнера. COM-технология: объекты, интерфейсы, фабрика класса.

План лабораторных занятий:

Лабораторная работа 1. Разработка приложения, управляемого событиями формы.

Требуемый материал: лекции по Теме 2.

Знакомство со средой разработки IDE Lazarus, освоение интерфейса и инструментария, автоматической генерацией кода. Свойства и события формы. Заполнение обработчиков событий объектов на примере главной формы приложения.

Контрольные вопросы к лабораторной работе 1:

1. Каково назначение программного пакета IDE Lazarus? Поясните назначение каждого окна при работе с проектом визуального приложения.
2. Что такое свойства объекта? Какими способами можно изменять значения свойств?
3. Что такое события объекта? Как они генерируются?
4. Поясните методику создания обработчика события на примере onMouseDown.
5. Поясните жизненный цикл главного окна с точки зрения событий onCreate, onShow, onDestroy и др.

Лабораторная работа 2. Разработка приложения, управляемого событиями визуальных компонент.

Требуемый материал: лекции по Темам 3, 4.

Знакомство с библиотекой визуальных компонент Lazarus Component Library. Работа со свойствами и событиями распространенных управляющих компонент.

Контрольные вопросы к лабораторной работе 2:

1. Каким образом происходит добавление компоненты на форму главного окна приложения, её настройка?
2. Какие виды управляющих компонентов существуют в стандартной библиотеке IDE Lazarus?
3. Какие компоненты можно использовать для ввода текстовых и числовых данных? Какие стандартные методы фильтрации данных и проверки результата могут применяться для этих компонент?
4. Расскажите о стандартных функциях преобразования типов данных, приведите примеры их применения.
5. Поясните различие между событиями `onKeyDown`, `onKeyUp`, `onKeyPress` на примере компоненты `TEdit`.

Лабораторная работа 3. Организация выбора элементов.*Требуемый материал: лекции по Теме 4.*

Использование составных компонент. Работа с переключателями, списками.

Контрольные вопросы к лабораторной работе 3:

1. Какие виды компонент для организации выбора одного или нескольких вариантов из множества предзаданных значений существуют?
2. Поясните особенности работы с радиокнопкой `TRadioButton` и списком радиокнопок `TRadioGroup`. За что отвечает свойство компоненты `GroupIndex`?
3. Какие свойства компоненты `TComboBox` используются для формирования списка выпадающих параметров? Какими способами можно провести его заполнение?
4. Какие события можно использовать для немедленной реакции на изменение номера выделенного элемента в компоненте `TListBox`?
5. Приведите пример алгоритма принятия решения на основе комбинации значений из 4 компонент `TCheckBox`.

Лабораторная работа 4. Работа с текстовыми файлами методами компонент.*Требуемый материал: лекции по Темам 4, 5.*Невизуальные объекты-списки строк, динамическое создание, разрушение, их свойства и методы. Применение методов `SaveToFile`, `LoadFromFile`. Использование стандартных диалогов.*Контрольные вопросы к лабораторной работе 4:*

1. Расскажите о назначении, основных свойствах и методах класса `TStringList`.
2. Каков стандартный алгоритм работы с объектом класса `TStringList` при загрузке данных из файла? При сохранении?
3. Расскажите о назначении свойства `DelimitedText` класса `TStringList`. Как его можно применить для разбиения строки данных на отдельные элементы списка?
4. Какие компоненты многострочного представления текста существуют? В чем их отличие и особенности?
5. Поясните применение стандартных диалогов открытия и сохранения файлов.

Лабораторная работа 5. Механизм Drag & Drop.*Требуемый материал: лекции по Темам 4, 6.*

Копирование, перенос и обмен данными между компонентами методом перетаскивания.

Контрольные вопросы к лабораторной работе 5:

1. Что такое технология Drag&Drop? Для чего она применяется?
2. Какие методы и свойства используются для реализации механизма захвата объекта/информации?
3. Какие методы и события используются для реализации механизма размещения объекта/информации?
4. Расскажите об алгоритме работы при перемещении данных из одной компоненты в другую на примере двух списков `TListBox`.

5. Каким образом можно применять технологию Drag&Drop для перемещения визуальных компонент?

Лабораторная работа 6. Интерактивное управление статическими и динамическими изображениями.

Требуемый материал: лекции по Темам 7, 8.

Графические построения. Стандартные компоненты для работы с графикой. Вывод изображений из файлов. Генерирование и попиксельный анализ изображений. Компонента для построения научных графиков и статистических диаграмм.

Контрольные вопросы к лабораторной работе 6:

1. Расскажите о свойствах и методах компонента TImage, предназначенных для работы с изображениями.
2. Какие методы стандартных библиотек можно использовать для загрузки изображений форматов Jpg, Png?
3. Как реализуется передача изображения с масштабированием между объектами класса TBitMap?
4. Какие компоненты используются для вывода научных графиков и статистических диаграмм?
5. На примере точечного графика поясните назначение свойств и методов класса TSeries, предназначенных для настройки и вывода графической информации.

Лабораторная работа 7. Работа с визуальными таблицами.

Требуемый материал: лекции по Темам 7, 9.

Компоненты для табличного представления информации. Настройка вида и содержания таблицы, обмен данными с файлами. Динамические массивы данных, создание, изменение размеров, удаление.

Контрольные вопросы к лабораторной работе 7:

1. Расскажите о свойствах компонента TStringGrid, предназначенных для настройки внешнего вида таблицы.
2. Каков механизм работы с таблицей TStringGrid при необходимости отображения числовых данных?
3. Каким образом, используя два объекта класса TStringList, можно загрузить из файла в таблицу TStringGrid двумерный массив данных?
4. Для чего предназначена компонента TDrawGrid? Какие типы данных и объекты можно хранить в ней?
5. Опишите общий алгоритм работы с динамическим массивом, предотвращающий утечку памяти.

Лабораторная работа 8. Реализация MDI приложения для расчётной задачи с графическим представлением результатов.

Требуемый материал: лекции по Темам 7, 10.

Инструментарий для создания многооконных приложений. Подключение дополнительных модулей, настройка связей между ними. Передача данных между окнами программы. Динамическое создание и разрушение окон.

Контрольные вопросы к лабораторной работе 8:

1. Что такое многооконное приложение? Какие типы окон существуют?
2. Какие свойства используются при настройке окон в MDI приложении?
3. Каким образом происходит передача данных между окнами в одном приложении?
4. Расскажите об алгоритме создания приветственного окна при запуске программы.
5. Расскажите о механизме динамического создания копий дочерних окон в MDI проекте.

Лабораторная работа 9. Разработка класса, реагирующего на внешние и внутренние события.

Требуемый материал: лекции по Темам 11, 12, 13.

Разработка произвольных классов, динамическое создание, изменение, использование и разрушение объектов произвольных классов.

Контрольные вопросы к лабораторной работе 9:

1. Расскажите об общей структуре класса.
2. В чем отличие между уровнями видимости Private, Protected, Public?
3. Что такое интерфейс класса? Поясните на примере реализованного класса в лабораторной работе.
4. Расскажите об основных этапах добавления произвольного события в разрабатываемый класс.
5. В чем отличие метода и обработчика события?

5. Учебно-методическое обеспечение и планирование самостоятельной работы обучающихся

Таблица 5

№ темы	Темы	Формы СРС, включая требования к подготовке к занятиям
1.	Введение	Чтение основной и дополнительной литературы, проработка лекционных конспектов
2.	Среда визуального программирования Lazarus	Чтение основной и дополнительной литературы, проработка лекционных конспектов, подготовка к лабораторной работе
3.	Палитра компонентов	Чтение основной и дополнительной литературы, проработка лекционных конспектов, подготовка к лабораторной работе
4.	Стандартные компоненты	Чтение основной и дополнительной литературы, проработка лекционных конспектов, подготовка к лабораторной работе
5.	Диалоговые окна	Чтение основной и дополнительной литературы, проработка лекционных конспектов, подготовка к лабораторной работе
6.	Организация интерфейса Drag&Drop	Чтение основной и дополнительной литературы, проработка лекционных конспектов, подготовка к лабораторной работе
7.	Организация меню	Чтение основной и дополнительной литературы, проработка лекционных конспектов, подготовка к лабораторной работе
8.	Графические компоненты	Чтение основной и дополнительной литературы, проработка лекционных конспектов, подготовка к лабораторной работе
9.	Дополнительные способы вывода и отображения информации	Чтение основной и дополнительной литературы, проработка лекционных конспектов, подготовка к лабораторной работе
10.	Создание MDI приложений	Чтение основной и дополнительной литературы, проработка лекционных конспектов, подготовка к лабораторной работе
11.	Основные понятия ООП	Чтение основной и дополнительной литературы, проработка лекционных конспектов, подготовка к лабораторной работе
12.	Свойства объектов	Чтение основной и дополнительной литературы, проработка лекционных конспектов, подготовка к лабораторной работе
13.	События объектов	Чтение основной и дополнительной литературы, проработка лекционных конспектов, подготовка к лабораторной работе
14.	Обработка исключительных ситуаций	Чтение основной и дополнительной литературы, проработка лекционных конспектов
15.	Разработка баз данных	Чтение основной и дополнительной литературы, проработка лекционных конспектов

16.	Многопоточные приложения	Чтение основной и дополнительной литературы, проработка лекционных конспектов
17.	Основы технологии СОМ	Чтение основной и дополнительной литературы, проработка лекционных конспектов

Рекомендации к самостоятельной работе. Малый объем аудиторной работы подразумевает активное самостоятельное изучение дисциплины, поэтому для ее успешного освоения необходима подготовка к выполнению лабораторных работ. Используя методические указания к выполнению лабораторных работ, а также лекционные конспекты, студенты должны изучить теоретическую часть лабораторной работы, разобраться с определениями и понятиями, предлагаемыми методами решения поставленной задачи. Для лучшего усвоения материала необходимо прорабатывать лекционные конспекты по теме совместно с изучением основной литературы. При возникновении вопросов, для необходимости уточнений отдельных деталей в общей картине дисциплины, а также для расширения объема знаний рекомендуется обращаться к дополнительной литературе.

6. Промежуточная аттестация по дисциплине

6.1. Оценочные материалы для проведения промежуточной аттестации по дисциплине

Во время зачётного занятия студент тянет билет с 5 вопросами из списка примерных вопросов. Время на подготовку — 40...60 минут. Зачёт выставляется при условии правильных ответов на не менее чем 4 вопроса.

Примерный список вопросов для зачёта:

1. Понятие об объектно-ориентированном программировании. Основные принципы и идеи ООП.
2. Понятие класса и его структура. Создание и применение.
3. Понятие инкапсуляции. Средства языка для применения инкапсуляции.
4. Понятие полиморфизма. Использование в языке.
5. Понятие наследования. Иерархия классов. Способы создания иерархии в языке.
6. Абстрактные классы, виртуальные методы. Наследование и замещение методов.
7. Принципы реализации событий. Пользовательские события. Механизм обработки сообщений Windows.
8. Обработка исключительных ситуаций.
9. Стандартные компоненты управления: свойства, события, методы.
10. Стандартные диалоговые компоненты: свойства, события, методы.
11. Принципы реализации интерфейса Drag&Drop.
12. Стандартные классы реализации главного и контекстного меню: свойства, события, методы.
13. Графические классы: свойства, события, методы.
14. Принципы разработки многооконных приложений.
15. Организация работы с базами данных.
16. Принципы разработки многопоточных приложений.
17. Принципы использования технологии OLE.

6.2. Критерии оценивания компетенций:

Таблица 6

Карта критериев оценивания компетенций для направления 16.03.01 Техническая физика

№ п/п	Код и наименование компетенции	Оценочные материалы	Критерии оценивания
1	ОПК-4: способность решать стандартные задачи профессиональной деятельности на основе информационной и библиографической культуры с применением информационно-коммуникационных технологий и с учетом основных требований информационной безопасности	Подготовка и защита отчётов по лабораторным работам; практические задания для сдачи зачёта	<p>Пороговый уровень освоения ОП (удовл.): Знает: способы представления информации в ЭВМ; основы двоичной системы исчисления и ее связь с десятичной; критерии выбора типов данных для переменных и структур; начальные понятия о базах данных и способах работы с ними. Умеет: под руководством преподавателя построить модель поставленной задачи; выбирать тип переменных для хранения данных конкретной задачи из набора стандартных простых типов.</p> <p>Базовый уровень (хор.): Знает: способы представления информации в ЭВМ; основы двоичной системы исчисления и ее связь с десятичной; алгоритм выбора разрядности переменных и структур для хранения данных исходя из вида и объема обрабатываемых данных; основные понятия о базах данных и способах работы с ними. Умеет: самостоятельно построить модель поставленной задачи; выбирать тип переменных для хранения данных конкретной задачи из набора стандартных простых и структурированных типов.</p> <p>Повышенный уровень (отл.): Знает: способы представления информации в ЭВМ; основы двоичной системы исчисления и ее связь с десятичной; алгоритм выбора разрядности переменных и структур для хранения данных исходя из вида и объема обрабатываемых данных; способы создания произвольных типов данных; основные понятия о базах данных и способах работы с ними. Умеет: самостоятельно построить модель поставленной задачи; выбирать тип переменных для хранения данных конкретной задачи из набора стандартных простых и структурированных типов, а также определять пользовательские типы данных, наиболее подходящие для решения поставленной задачи.</p>
2	ОПК-6: способность	Подготовка и защита	Пороговый уровень освоения ОП (удовл.):

	<p>работать с распределенными базами данных, работать с информацией в глобальных компьютерных сетях, применяя современные образовательные и информационные технологии</p>	<p>отчётов по лабораторным работам; практические задания для сдачи зачёта</p>	<p>Знает: понятия класса, объекта, базовые способы применения стандартных графических классов и объектов для создания современных программ.</p> <p>Умеет: создавать и компилировать программный код в среде программирования Lazarus, под руководством преподавателя определять и устранять ошибки.</p> <p>Базовый уровень (хор.):</p> <p>Знает: понятия класса, объекта, основные способы применения стандартных графических классов и объектов Lazarus для создания современных программ.</p> <p>Умеет: создавать, компилировать и тестировать на работоспособность программный код в среде программирования Lazarus, самостоятельно определять и устранять ошибки.</p> <p>Повышенный уровень (отл.):</p> <p>Знает: понятия класса, объекта, способы применения стандартных классов и объектов для создания современных графических программ; способы определения произвольных классов и создания объектов на их основе.</p> <p>Умеет: создавать, компилировать, тестировать на работоспособность и отлаживать программный код в среде программирования Lazarus, самостоятельно определять и устранять ошибки; налаживать связь между приложениями для автоматизации их исполнения.</p>
3	<p>ПК-10: способность применять современные информационные технологии, пакеты прикладных программ, сетевые компьютерные технологии и базы данных в предметной области для расчета технологических параметров</p>	<p>Подготовка и защита отчётов по лабораторным работам; практические задания для сдачи зачёта</p>	<p>Пороговый уровень освоения ОП (удовл.):</p> <p>Знает: стандартный набор компонент, реализующих функции интерфейса Windows, их свойства, события и методы для написания программных продуктов для профессиональной деятельности.</p> <p>Умеет: создавать интерфейс программы на основе стандартного набора компонент, настраивать свойства и обработчики событий компонент для создания программных продуктов для профессиональной деятельности.</p> <p>Базовый уровень (хор.):</p> <p>Знает: стандартный и расширенный наборы компонент Lazarus, реализующих функции интерфейса Windows, их свойства, события и методы для написания программных продуктов для профессиональной деятельности.</p> <p>Умеет: создавать интерфейс программы на основе стандартного и расширенного наборов компонент Lazarus, настраивать свойства и</p>

			<p>обработчики событий компонент для создания программных продуктов для профессиональной деятельности.</p> <p>Повышенный уровень (отл.):</p> <p>Знает: стандартный и расширенный наборы компонент Lazarus, реализующих функции интерфейса Windows, их свойства, события и методы; компоненты для создания многооконных и многопоточных программных продуктов для профессиональной деятельности.</p> <p>Умеет: создавать интерфейс программы на основе полного спектра компонент Lazarus, настраивать свойства и обработчики событий компонент для создания программных продуктов для профессиональной деятельности.</p>
--	--	--	--

7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

7.1. Основная литература:

1. Алексеев, Е.Р. Программирование на Free Pascal и Lazarus: учебное пособие / Е.Р. Алексеев, О.В. Чеснокова, Т.В. Кучер. — 2-е изд. — Москва: ИНТУИТ, 2016. — 551 с. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/100403> (дата обращения: 13.04.2020). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

2. Гуриков, С.Р. Программирование в среде Lazarus для школьников и студентов: учебное пособие / С.Р. Гуриков. — Москва: ФОРУМ: ИНФРА-М, 2019. — 336 с. — (Высшее образование: Бакалавриат). — ISBN 978-5-00091-137-2. — Текст: электронный. — URL: <https://znanium.com/catalog/product/1010784> (дата обращения: 13.04.2020). — Режим доступа: по подписке.

7.2. Дополнительная литература:

1. Ачкасов, В.Ю. Программирование баз данных в Delphi: учебное пособие / В.Ю. Ачкасов. — 2-е изд. — Москва: ИНТУИТ, 2016. — 432 с. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/100397> (дата обращения: 13.04.2020). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

2. Сорокин, А.А. Объектно-ориентированное программирование. LAZARUS (Free Pascal): лабораторный практикум / А.А. Сорокин. — Ставрополь: Северо-Кавказский федеральный университет, 2014. — 216 с. — ISBN 2227-8397. — Текст: электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS: [сайт]. — URL: <http://www.iprbookshop.ru/63109.html> (дата обращения: 13.04.2020). — Режим доступа: для авторизир. пользователей.

3. Хвощев, С.В. Программирование в среде Delphi задач навигации и картографирования: учебное пособие / С. В. Хвощев. — 2-е изд. — Москва: ИНТУИТ, 2016. — 79 с. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/100419> (дата обращения: 13.04.2020). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

7.3. Интернет-ресурсы:

Информационный портал для разработчиков Freepascal: <http://www.freepascal.ru/>, режим доступа: свободный.

7.4. Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы:

eLIBRARY — Научная электронная библиотека (Москва) <http://elibrary.ru/>

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

1. Лицензионное ПО: Microsoft Office, Microsoft Teams
2. ПО, находящееся в свободном доступе: IDE Lazarus

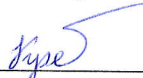
9. Технические средства и материально-техническое обеспечение дисциплины

1. Мультимедийная учебная аудитория, оснащенная учебной мебелью, доской аудиторной, мультимедийным проекционным и акустическим оборудованием и ПК для проведения лекционных занятий;

2. Компьютерный класс, оснащенный учебной мебелью, доской аудиторной, ПК для проведения лабораторных занятий.

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«ТЮМЕНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

УТВЕРЖДАЮ
Заместитель директора
Физико-технического института
по учебной работе



« 23 » 06. _____ 2021 г.

КОМПЬЮТЕРНАЯ ГИДРОДИНАМИКА И ТЕПЛОФИЗИКА

Рабочая программа дисциплины
для обучающихся по направлению подготовки
16.03.01 Техническая физика
Профиль: Техническая физика в нефтегазовых технологиях
форма обучения: очная

Григорьева Ю.Ф. Компьютерная гидродинамика и теплофизика. Рабочая программа дисциплины для обучающихся по направлению подготовки 16.03.01 Техническая физика, профиль Техническая физика в нефтегазовых технологиях, форма обучения очная. Тюмень, 2021.

Рабочая программа дисциплины опубликована на сайте ТюмГУ:
<https://www.utmn.ru/sveden/education/#>.

© Тюменский государственный университет, 2021.

© Григорьева Ю.Ф., 2021.

1. Пояснительная записка

Цель дисциплины «Компьютерная гидродинамика и теплофизика» заключается в получении студентами навыков работы с программными пакетами, выполняющими численные расчеты прикладных задач гидродинамики и теплофизики.

Задачи изучения дисциплины:

1. изучить принципы работы программных пакетов, позволяющих выполнять численные расчеты задач гидродинамики и теплофизики;
2. освоение студентами методов применения рассматриваемых программных пакетов для расчета различных задач гидродинамики и теплофизики;
3. приобрести навыки решения задач в программных пакетах, выполняющих численные расчеты по гидродинамике и теплофизике.

1.1. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Данная дисциплина входит в блок Б1 Дисциплины, обязательная часть, изучается в 8 семестре.

Для успешного освоения данной дисциплины необходимы знания и навыки, полученные в ходе освоения следующих дисциплин: «Гидрогазодинамика», «Теплофизика», «Сопротивление материалов и теория прочности».

1.2. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения данной дисциплины

Таблица 1

Код и наименование компетенции (из ФГОС ВО)	Код и наименование части компетенции	Планируемые результаты обучения (знаниевые/функциональные)
ОПК-6: способен самостоятельно работать в средах современных операционных систем, наиболее распространенных прикладных программ и программ компьютерной графики	–	<i>Знает:</i> современные программные системы конечно-элементного анализа для решения задач гидрогазодинамики и теплофизики
		<i>Умеет:</i> решать задачи гидрогазодинамики и теплофизики и анализировать полученные результаты в современных программных системах конечно-элементного анализа
ПК-2: способен применять методы аналитических исследований в соответствующей области знаний	–	<i>Знает:</i> физические основы гидрогазодинамики и теплофизики; методы численного решения задач гидрогазодинамики и теплофизики
		<i>Умеет:</i> применять на практике результаты численного решения для решения прикладных задач гидрогазодинамики и теплофизики

2. Структура и объем дисциплины

Таблица 2

Вид учебной работы		Всего часов (академические часы)	Часов в семестре (академические часы)
			8 семестр
Общий объем	зач. ед.	4	4
	час	144	144
Из них:			
Часы контактной работы (всего):		62	62
Лекции		0	0
Практические занятия		0	0
Лабораторные / практические занятия по подгруппам		60	60
Консультации и иная контактная работа		2	2
Часы внеаудиторной работы, включая самостоятельную работу обучающегося		82	82
Вид промежуточной аттестации			Зачет

3. Система оценивания

3.1. На учебных занятиях оценивается посещение студентов (0 – 1 балл за занятие) и работа в аудитории при выполнении лабораторной работы (0 – 5 баллов за занятие).

Форма промежуточной аттестации — зачет. К зачету допускаются все студенты. Студенты, набравшие 60 баллов и более, автоматически получают зачет.

Зачет проводится в устной форме. Если студент не выполнил учебный план в течение семестра, т. е. не сдавал лабораторные работы, то перед ответом на вопросы билета, он должен ответить на контрольные вопросы несданных лабораторных работ, а уже затем сдавать зачет.

4. Содержание дисциплины

4.1. Тематический план дисциплины

Таблица 3

№ п/п	Наименование тем и/или разделов	Объем дисциплины, час.				
		Всего	Виды аудиторной работы (академические часы)			Консультации и иная контактная работа
			Лекции	Практические занятия	Лабораторные/ практические занятия по подгруппам	
1	2	3	4	5	6	7
1	Введение в курс «Компьютерная гидродинамика и теплофизика»	4	0	0	4	0
2	Сеточные генераторы	20	0	0	20	0
3	Решение задач в пакетах конечно-элементного анализа	36	0	0	36	0
	Зачет	2	0	0	0	2
	Итого (часов)	60	0	0	60	0

4.2. Содержание дисциплины по темам

1. «Введение в курс «Компьютерная гидродинамика и теплофизика»

• Знакомство с интерфейсом программного комплекса конечно-элементного анализа.

- Рассмотрение базового функционала программы.

2. «Сеточные генераторы»

Практическое занятие по теме «Сеточные генераторы» 1:

- Создание и редактирование геометрии различных объектов.
- Импортирование геометрии в различные файловые форматы.

Практическое занятие по теме «Сеточные генераторы» 2:

- Знакомство с интерфейсом сеточного генератора.
- Импорт геометрии в сеточный генератор.

Практическое занятие по теме «Сеточные генераторы» 3:

- Создание и импорт геометрии.
- Поверхностные и объемные сетки.
- Структурированные и неструктурированные сетки.
- Редактирование сеток.
- Экспорт сеток.

Практическое занятие по теме «Сеточные генераторы» 4:

- Создание неструктурированных сеток в сеточном генераторе.

Практическое занятие по теме «Сеточные генераторы» 5:

- Создание структурированных сеток в сеточном генераторе.

3. «Решение задач в пакетах конечно-элементного анализа»

Практическое занятие по теме «Решение задач в пакетах конечно-элементного анализа» 1:

В зависимости от выбранного направления обучения (Нефтегазовое дело / Теплофизика) студентов подгруппы выполняется лабораторная работа:

Решение задач гидродинамики в пакетах конечно-элементного анализа:

- Знакомство с интерфейсом гидродинамического модуля программы.
- Основные принципы задания начальных и граничных условий.

Решение задач теплофизики в пакетах конечно-элементного анализа:

- Знакомство с интерфейсом теплофизического модуля программы.
- Основные принципы задания начальных и граничных условий.

Практическое занятие по теме «Решение задач в пакетах конечно-элементного анализа» 2:

В зависимости от выбранного направления обучения (Нефтегазовое дело / Теплофизика) студентов подгруппы выполняется лабораторная работа:

Решение задач гидродинамики в пакетах конечно-элементного анализа:

- Расчет течения жидкости в трубе.

Решение задач теплофизики в пакетах конечно-элементного анализа:

- Исследование теплопроводности корпуса насоса.

Практическое занятие по теме «Решение задач в пакетах конечно-элементного анализа» 3:

В зависимости от выбранного направления обучения (Нефтегазовое дело / Теплофизика) студентов подгруппы выполняется лабораторная работа:

Решение задач гидродинамики в пакетах конечно-элементного анализа:

- Получение картины отражения скачков уплотнения при обтекании эллипса.

Решение задач теплофизики в пакетах конечно-элементного анализа:

- Тепловой расчет приспособления для отжига лопаток.

Практическое занятие по теме «Решение задач в пакетах конечно-элементного анализа» 4:

В зависимости от выбранного направления обучения (Нефтегазовое дело / Теплофизика) студентов подгруппы выполняется лабораторная работа:

Решение задач гидродинамики в пакетах конечно-элементного анализа:

- Расчет обтекания трансзвукового профиля.

Решение задач теплофизики в пакетах конечно-элементного анализа:

- Расчет поля температур (геометрическая модель по выбору студента).

Практические занятия по теме «Решение задач в пакетах конечно-элементного анализа» 5-9:

Расчет задачи научно-проектной работы студента.

5. Учебно-методическое обеспечение и планирование самостоятельной работы обучающихся

Таблица 4

№ Темы	Темы	Формы СРС, включая требования к подготовке к занятиям
1	Введение в курс «Компьютерная гидродинамика и теплофизика»	Проработка лекций
2	Сеточные генераторы	Самостоятельное изучение заданного материала, проработка лекций
3	Решение задач в пакетах конечно-элементного анализа.	Самостоятельное изучение заданного материала, проработка лекций

6. Промежуточная аттестация по дисциплине

6.1. Оценочные материалы для проведения промежуточной аттестации по дисциплине

Форма промежуточной аттестации – зачет. Зачет проводится в устной форме по вопросам билета. Билет содержит 2 теоретических вопроса. Для получения зачета студенту необходимо ответить на оба вопроса, содержащихся в билете. Допускаются небольшие недочеты, отсутствие дополнительных сведений о явлении или процессе.

Вопросы для подготовки к зачету:

1. Программные комплексы конечно-элементного анализа. Основные принципы работы программных комплексов.
2. Создание геометрии. Импорт геометрии в сеточные генераторы.
3. Основы построения сеток в сеточном генераторе.
4. Структурированные и неструктурированные сетки.
5. Поверхностные и объемные сетки.
6. Редактирование и экспорт сеток.
7. Уравнения неразрывности, сохранения импульса и энергии.
8. Алгебраические модели турбулентности.
9. Однопараметрические модели турбулентности.
10. Двухпараметрические модели турбулентности.
11. Модель крупных вихрей.
12. Прямое численное моделирование.
13. Основные принципы визуализации для задач гидродинамики.
14. Стационарный и нестационарный тепловой анализ.
15. Теплопроводность.
16. Конвекция.
17. Излучение.

18. Основные принципы визуализации для задач теплофизики.
19. Анализ конструкций на прочность.
20. Расчет напряжений, деформаций и запаса прочности деталей.
21. Основные принципы визуализации для задач прочности.

6.2. Критерии оценивания компетенций:

Таблица 5

Карта критериев оценивания компетенций

№ п/п	Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенций, соотнесенные с планируемыми результатами обучения	Оценочные материалы	Критерии оценивания
1.	ОПК-6: способен самостоятельно работать в средах современных операционных систем, наиболее распространенных прикладных программ и программ компьютерной графики	<p>Пороговый уровень освоения ОП (удовл.) Знает: создание, импорт и экспорт геометрии в сеточных генераторах. Умеет: использовать пакеты ПО конечно-элементного анализа для решения задач гидрогазодинамики и теплофизики.</p> <p>Базовый уровень (хор.) Знает: основы построения сеток для решения задач гидрогазодинамики и теплофизики; создание, импорт и экспорт геометрии в сеточных генераторах. Умеет: использовать пакеты ПО конечно-элементного анализа для решения задач гидрогазодинамики и теплофизики.</p> <p>Повышенный уровень (отл.) Знает: основы построения сеток для решения задач гидрогазодинамики и теплофизики; создание, импорт и экспорт геометрии в сеточных генераторах. основные принципы визуализации. Умеет: использовать пакеты ПО конечно-элементного анализа для решения задач гидрогазодинамики и теплофизики; визуализировать данные в ПО конечно-элементного анализа.</p>	Решение учебных комплексных ситуационных задач	Знание интерфейса и возможности ПО конечно-элементного анализа. Правильность выполнения заданных лабораторных работ. Способность вносить изменения в выполненную работу при изменении условий. Качество выполненной визуализации лабораторной работы.
2.	ПК-2: способен применять методы аналитических исследований в	<p>Пороговый уровень (удовл.) Знает: основы построения сеток для решения задач гидрогазодинамики и теплофизики.</p>	Решение учебных комплексных	Активность на практических занятиях. Правиль-

	<p>соответствующей области знаний</p>	<p>Умеет: проводить моделирование (формирование модели, проведение расчёта, сопоставление с известными результатами) теплофизических и гидродинамических учебных задач с использованием сеточных генераторов.</p> <p>Базовый уровень (хор.)</p> <p>Знает: основы построения сеток для решения задач гидрогазодинамики и теплофизики; алгебраические модели турбулентности; одно-, двухпараметрические модели турбулентности.</p> <p>Умеет: проводить моделирование (формирование модели, проведение расчёта, сопоставление с известными результатами) теплофизических и гидродинамических научно-исследовательских задач с минимальным количеством допущений с использованием сеточных генераторов.</p> <p>Повышенный уровень (отл.)</p> <p>Знает: основы построения сеток для решения задач гидрогазодинамики и теплофизики; создание, импорт и экспорт геометрии в сеточных генераторах; алгебраические модели турбулентности; одно-, двухпараметрические модели турбулентности; стационарный и нестационарный тепловой анализ.</p> <p>Умеет: проводить моделирование (формирование модели, проведение расчёта, сопоставление с известными результатами) теплофизических и гидродинамических научно-исследовательских и учебных задач с комплексом допущений с использованием сеточных генераторов.</p>	<p>ситуационных задач</p>	<p>ность выполнения заданных лабораторных работ. Демонстрация причинно-следственных связей при ответах на вопросы преподавателя. Правильность интерпретации физических законов гидрогазодинамики и теплофизики.</p>
--	---------------------------------------	--	---------------------------	---

7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

7.1. Основная литература:

1. Проектирование и 3D-моделирование в средах CATIA V5, ANSYS и Dymola 7.3: учеб. пособие / И.И. Косенко, Л.В. Кузнецова, А.В. Николаев [и др.]. — М.: ИНФРА-М, 2019. — 183 с. — Режим доступа: <http://znanium.com/catalog/product/1007406> (дата обращения: 12.05.2021).

2. Моделирование систем и процессов: Учебное пособие / Н.Г. Чикуров. — М.: ИЦ РИОР: НИЦ Инфра-М, 2013. — 398 с. — Режим доступа: <http://znanium.com/catalog/product/392652> (дата обращения: 12.05.2021).

3. Компьютерное моделирование многофазных течений при решении задач техносферной безопасности: учеб. пособие / Е.Ю. Шарай; под ред. В.А. Девисилова. — М.: ИНФРА-М, 2019. — 128 с. — Режим доступа: <http://znanium.com/catalog/product/972303> (дата обращения: 12.05.2021).

7.2. Дополнительная литература:

1. Теплотехника: Учебное пособие / В.А. Кудинов, Э.М. Карташов, Е.В. Стефанюк. — М.: КУРС: НИЦ ИНФРА-М, 2015. — 424 с. — Режим доступа: <http://znanium.com/catalog/product/486472> (дата обращения: 12.05.2021).

2. Федорова, Н.Н. Моделирование гидрогазодинамических процессов в ПК ANSYS 17.0: учебное пособие / Н.Н. Федорова, С.А. Вальгер, Ю.В. Захарова. — Новосибирск: Новосибирский государственный архитектурно-строительный университет (Сибстрин), ЭБС АСВ, 2016. — 169 с. — ISBN 978-5-7795-0798-1. — Текст: электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS: [сайт]. — URL: <http://www.iprbookshop.ru/68793.html> (дата обращения: 12.05.2021).

3. Глухов, В.С. Основы гидравлики и теплотехники: Раздел 1. Основы гидравлики: учебное пособие / В.С. Глухов, А.А. Дикой, И.В. Дикая. — Армавир: Армавирский государственный педагогический университет, 2019. — 252 с. — ISBN 2227-8397. — Текст: электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS: [сайт]. — URL: <http://www.iprbookshop.ru/82446.html> (дата обращения: 12.05.2021).

4. Глухов, В.С. Основы гидравлики и теплотехники: Раздел 2. Основы теплотехники: учебное пособие / В.С. Глухов, А.А. Дикой, И.В. Дикая. — Армавир: Армавирский государственный педагогический университет, 2019. — 293 с. — ISBN 2227-8397. — Текст: электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS: [сайт]. — URL: <http://www.iprbookshop.ru/82447.html> (дата обращения: 12.05.2021).

7.3. Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы:

eLIBRARY — научная библиотека (г. Москва). — <http://elibrary.ru>

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

– Лицензионное ПО, в том числе отечественного производства:

платформа для электронного обучения Microsoft Teams

– Свободно распространяемое ПО, в том числе отечественного производства:

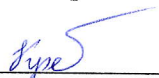
программный комплекс конечно-элементного анализа Netgen/NGSolve (<https://ngsolve.org/>), программный комплекс для анализа и визуализации данных ParaView (<https://www.paraview.org/>).

9. Технические средства и материально-техническое обеспечение дисциплины

Для проведения занятий по данной дисциплине необходима компьютерная аудитория, наличие мультимедийного оборудования.

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«ТЮМЕНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

УТВЕРЖДАЮ
Заместитель директора
Физико-технического института
по учебной работе


_____ С.А. Креков
« 23 » _____ 06. _____ 2021 г.

ЧИСЛЕННЫЕ МЕТОДЫ ТЕХНИЧЕСКОЙ ФИЗИКИ

Рабочая программа дисциплины
для обучающихся по направлению подготовки
16.03.01 Техническая физика
Профиль: Техническая физика в нефтегазовых технологиях
форма обучения: очная

Соколюк Л.Н. Численные методы технической физики. Рабочая программа дисциплины для обучающихся по направлению подготовки 16.03.01 Техническая физика, профиль: Техническая физика в нефтегазовых технологиях, форма обучения очная. Тюмень, 2021.

Рабочая программа дисциплины опубликована на сайте ТюмГУ: <https://www.utmn.ru/sveden/education/#>.

1. Пояснительная записка

Дисциплина «Численные методы технической физики» необходима для изучения основных приемов разработки и применения на практике методов решения на компьютерах различных математических задач, возникающих как в теории, так и в приложениях к различным областям математики, физики, механики, химии и т.п. Курс обязательно должен сопровождаться лабораторными занятиями по численным методам, где рассматриваются конкретные приемы по построению численных методов и студенты обязаны решить определенное количество задач на компьютерах, используя известные методы. В результате студент должен уметь решать определенный набор задач с использованием изученных методов и понимать, какие численные методы лежат в основе широко используемых пакетов программ (например, MATLAB, MATHEMATICA и т.п.).

Цель дисциплины «Численные методы» заключается в развитии у студентов современных форм математического мышления, умения ставить и решать сложные инженерные задачи, возникающие в профессиональной практике.

Задачи дисциплины:

1. изучить и овладеть основными приёмами разработки и применения на практике методов решения на компьютерах различных математических задач;
2. научиться решать набор задач с использованием изученных методов и понимать, какие численные методы лежат в основе используемых пакетов программ.

1.1. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Данная дисциплина входит в блок Б1 Дисциплины (модули), обязательная часть.

Дисциплина «Численные методы технической физики» базируется на общетеоретических и общетехнических дисциплинах. Для успешного освоения курса необходимо изучение таких дисциплин, как «Основы программирования», «Объектно-ориентированное программирование», «Математический анализ».

1.2. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения данной дисциплины

Таблица 1

Код и наименование компетенции (из ФГОС ВО)	Код и наименование части компетенции	Планируемые результаты обучения (знаниевые/функциональные)
ОПК-2: способен применять методы математического анализа, моделирования, оптимизации и статистики для решения задач, возникающих в ходе профессиональной деятельности	–	Знает: фундаментальные разделы математики (принципиальные подходы к математическому моделированию процессов и систем). Умеет: применять методы механики и теплофизики при математическом моделировании учебных задач; интерпретировать полученные результаты с учетом границ применимости моделей.
ПК-2: способен применять методы аналитических исследований в соответствующей области знаний	–	Знает: физические основы численных методов; методы численного решения прикладных задач. Умеет: применять на практике результаты численного решения для решения прикладных задач.

2. Структура и объем дисциплины

Таблица 2

Вид учебной работы	Всего часов (академические часы)	Часов в семестре (академические часы)
		8 семестр
Общий объем зач. ед. час	4	4
	144	144
Из них:		
Часы контактной работы (всего):	70	70
Лекции	22	22
Практические занятия	-	-
Лабораторные / практические занятия по подгруппам	46	46
Консультации и иная контактная работа	2	2
Часы внеаудиторной работы, включая самостоятельную работу обучающегося	74	74
Вид промежуточной аттестации		Зачет

3. Система оценивания

3.1. Форма промежуточной аттестации — зачет.

Для получения допуска к зачету обучающийся должен предоставить как минимум два отчета по одной из предложенных тем.

Для получения автоматической оценки «зачтено» обучающийся должен предоставить и защитить материалы в виде отчетов и готовых работающих программных приложений по всем вышеперечисленным темам.

Отчёт содержит 3 главы: постановка задачи, численная дискретизация уравнений, алгоритм работы программного приложения.

4. Содержание дисциплины

4.1. Тематический план дисциплины

Таблица 3

№ п/п	Наименование тем и/или разделов	Объем дисциплины, час.				
		Всего	Виды аудиторной работы (академические часы)			Консультации и иная контактная работа
			Лекции	Практические занятия	Лабораторные/ практические занятия по подгруппам	
1	2	3	4	5	6	7
1.	Теория математического моделирования. Концепция и основы метода конечных разностей.	16	2	0	4	0

2.	Обзор основных методов численного моделирования. Классификация физико-математических моделей.	16	2	0	4	0
3.	Методы математического моделирования. Численные методы решения задач в технической физике.	16	2	0	4	0
4.	Компьютерная реализация математических моделей. Идентификация и обоснование моделей в технической физике.	16	4	0	6	0
5.	Примеры математического моделирования в технической физике. Компьютерное моделирование пластовых систем.	16	4	0	6	0
6.	Моделирование скважин и трубопроводов.	14	2	0	6	0
7.	Математические модели в строительной физике.	16	2	0	6	0
8.	Моделирование реальных процессов и систем. Моделирование в нефтегазовом комплексе.	16	2	0	6	0
9.	Моделирование в энергетике. Моделирование в строительстве.	16	2	0	4	0
	Зачет	2	0	0	0	2
	Итого (часов)	144	22	0	46	2

4.2. Содержание дисциплины по темам

1. "Теория математического моделирования. Концепция и основы метода конечных разностей."

- Базисные функции, линейно независимая система базисных функций, функции формы.
- Улучшение аппроксимации. Интерполяция, синус-ряды Фурье. Аппроксимация с помощью метода взвешенных невязок.
- Невязка, минимизация невязки. Весовые функции и методы взвешенных невязок: метод поточечной коллокации, коллокация по подобластям, метод Галеркина, метод наименьших квадратов, метод моментов.

2. "Обзор основных методов численного моделирования. Классификация физико-математических моделей."

- Моделирование процессов и систем на различных уровнях сложности.
- Одномерные, двумерные и трехмерные модели. Нестационарные модели.
- Современные численные методы решения задач в нефтегазовых и строительных технологиях.

3. "Методы математического моделирования. Численные методы решения задач в технической физике."

- Основы и концептуальные подходы к физико-математическому моделированию процессов и систем.
- Системный анализ в задачах математического моделирования.
- Основные принципы организации процесса математического моделирования в нефтегазовых и строительных технологиях.
- Постановка задач, формализация моделей, допущения и ограничения моделей, реализация моделей на компьютерах, проверка адекватности моделей, идентификация параметров модели.

4. "Компьютерная реализация математических моделей. Идентификация и обоснование моделей в технической физике."

- Составления результатов компьютерного моделирования с известными теоретическими и расчетными данными.
- Основы экспериментального обоснования и идентификации параметров в технической физике.

5. "Примеры математического моделирования в технической физике. Компьютерное моделирование пластовых систем."

- Обобщение метода конечных элементов на двумерные и трехмерные задачи. Двумерные и трехмерные конечные элементы линейного типа.
- Принципы разбиения плоских областей на конечные элементы.
- Ленточные матрицы жесткости.
- Формирование многомерных базисных функций, ансамблирование и построение глобальных СЛАУ.
- Случай граничных условий, содержащих производные. Метод конечных элементов в многомерных стационарных задачах математической физики.
- Моделирование двумерных задач теплопроводности треугольными и прямоугольными конечными элементами.
- Метод конечных элементов для решения двумерной модельной задачи теории упругости в напряжениях с использованием треугольных конечных элементов. Метод конечных элементов в многомерных нестационарных задачах математической физики.
- Особенности решения пространственных задач математической физики.

6. "Моделирование скважин и трубопроводов."

- Модель дрейфа для нестационарных газожидкостных течений в трубопроводе. Обоснование модели дрейфа.

- Гиперболичность модели дрейфа.
- Численная реализация и верификация.
- Восстановление давления при закрытии скважины.

7. "Математические модели в строительной физике."

- Моделирование параметров теплоносителя в системах отопления и газоснабжения.
- Моделирование тепломассообмена в ограждающих конструкциях.
- Тепловые режимы в помещениях.

8. "Моделирование реальных процессов и систем. Моделирование в нефтегазовом комплексе."

- Современные численные методы решения задач в нефтегазовых технологиях.

9. "Моделирование в энергетике. Моделирование в строительстве"

- Суть модели, принципы построения, правила использования модели для исследования.

5. Учебно-методическое обеспечение и планирование самостоятельной работы обучающихся

Таблица 4

№ темы	Темы	Формы СРС, включая требования к подготовке к занятиям
1.	Теория математического моделирования. Концепция и основы метода конечных разностей.	Проработка лекций. Чтение основной и дополнительной литературы.
2.	Обзор основных методов численного моделирования. Классификация физико-математических моделей.	Проработка лекций. Чтение основной и дополнительной литературы.
3.	Методы математического моделирования. Численные методы решения задач в технической физике.	Проработка лекций. Чтение основной и дополнительной литературы.
4.	Компьютерная реализация математических моделей. Идентификация и обоснование моделей в технической физике	Проработка лекций. Чтение основной и дополнительной литературы.
5.	Примеры математического моделирования в технической физике. Компьютерное моделирование пластовых систем.	Проработка лекций. Чтение основной и дополнительной литературы.
6.	Моделирование скважин и трубопроводов.	Проработка лекций. Чтение основной и дополнительной литературы.
7.	Математические модели в строительной физике.	Проработка лекций. Чтение основной и дополнительной литературы.
8.	Моделирование реальных процессов и систем. Моделирование в нефтегазовом комплексе.	Проработка лекций. Чтение основной и дополнительной литературы.
9.	Моделирование в энергетике. Моделирование в строительстве.	Проработка лекций. Чтение основной и дополнительной литературы.

6. Промежуточная аттестация по дисциплине

6.1. Оценочные материалы для проведения промежуточной аттестации по дисциплине

Зачёт проходит в устной/письменной форме по вопросам. Критерий освоения дисциплины: выполнение не менее 90% лабораторных работ.

Вопросы для подготовки к зачёту:

1. Классификация уравнений в частных производных.
2. Постановка основных задач уравнений математической физики.
3. Гиперболические, параболические и эллиптические уравнения.
4. Постановка граничных и начальных условий.
5. Основные способы пространственной дискретизации, согласованность, аппроксимация.
6. Теория метода конечных разностей. Дифференциальные и интегральные приближения.
7. Основные типы численного решения, диссипация и дисперсия.
8. Явные и неявные методы (Метод Эйлера).
9. Многошаговые методы.
10. Прямые и итерационные методы.
11. Численное решение (двухшаговый метод Лакса-Вендроффа).
12. Метод Мак-Кормака (разности против потока).
13. Уравнения Эйлера, метод характеристик.
14. Апробация решения с фактическими данными или сопоставление с аналитическим решением.
15. Классификация численных сеток. Структурированные. Нерегулярные.
16. Задачи, приводящие к СЛАУ.
17. Метод Уорминга-Катлера-Ломакса.
18. Метод Дюфорта-Франкела.
19. Неявный метод переменных направлений.
20. Метод ВВЦП.
21. Метод Аллена-Чена.
22. Моделирование задач волновой динамики.
23. Моделирование тепломассопереноса.
24. Моделирование аэро- и гидродинамики.
25. Моделирование задач механики.
26. Комплексное математическое моделирование в нефтегазовом комплексе.
27. Модели фильтрации, диффузии и массообмена.
28. Практическая реализация численных методов с помощью языков программирования, среды разработки.
29. Оптимизация процесса разработки программных комплексов.

6.2. Критерии оценивания компетенций:

Таблица 5

Карта критериев оценивания компетенций

№ п/п	Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенций, соотнесенные с планируемыми результатами обучения	Оценочные материалы	Критерии оценивания
1.	ОПК-2: способен применять методы математического анализа, моделирования, оптимизации и статистики для решения задач, возникающих в ходе профессиональной деятельности	<p>Пороговый уровень освоения ОП (удовл.):</p> <p><i>Знает:</i> отдельные разделы математики, необходимые для создания и обоснования численных алгоритмов для решения задач в области технической физики.</p> <p><i>Умеет:</i> использовать отдельные методы и разделы прикладной математики для численного решения простых физико-технических задач.</p> <p>Базовый уровень (хор.):</p> <p><i>Знает:</i> отдельные разделы математики, достаточные для создания и обоснования численных алгоритмов для решения задач в области технической физики.</p> <p><i>Умеет:</i> использовать методы и разделы прикладной математики и инструменты вычислительной физики для численного решения физико-технических задач.</p> <p>Повышенный уровень (отл.):</p> <p><i>Знает:</i> основные разделы математики, достаточные для создания и обоснования численных алгоритмов для решения сложных задач технической физики из области профессиональной деятельности.</p> <p><i>Умеет:</i> использовать методы и разделы прикладной математики и инструменты вычислительной физики для численного решения сложных физико-технических задач.</p>	Лабораторные работы	Присутствие на занятиях, активная работа в аудитории. Выполнение лабораторных работ, оформления отчетов и последующая защита работы, в формате собеседования. Проверка правильности написания программного кода.
2.	ПК-2: способен применять методы аналитических исследований в соответствующей области знаний	<p>Пороговый уровень (удовл.):</p> <p><i>Знает:</i> основные принципы работы в специализированных программах для решения поставленной задачи.</p>	Лабораторные работы, устный опрос	Присутствие на занятиях, активная работа в аудитории. Выполнение лабораторных работ, оформления

		<p>Умеет: работать в специализированных программах; решать поставленные задачи с незначительной помощью преподавателя.</p> <p>Базовый уровень (хор.):</p> <p>Знает: принципы работы в специализированных программах для решения поставленной задачи; различные языки программирования.</p> <p>Умеет: работать в специализированных программах; решать поставленные задачи без помощи преподавателя; моделировать сложные процессы.</p> <p>Повышенный уровень (отл.):</p> <p>Знает: принципы работы в специализированных программах для решения поставленной задачи; различные языки программирования, принципиальные особенности и возможности.</p> <p>Умеет: работать в специализированных программах; решать поставленные задачи без помощи преподавателя; моделировать сложные процессы; решать поставленную задачу с помощью нескольких специализированных программ.</p>	<p>отчетов и последующая защита работы, в формате собеседования. Проверка правильности написания программного кода. Правильность и полнота ответов на вопросы преподавателя.</p>
--	--	---	--

7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

7.1. Основная литература:

1. Бахвалов, Н.С. Численные методы в задачах и упражнениях: учебное пособие / Н.С. Бахвалов, А.В. Лапин, Е.В. Чижонков; под ред. В.А. Садовничий. — 4-е изд., (эл.) — М.: БИНОМ. Лаб. знаний, 2015. — 243 с. — Режим доступа: <https://znanium.com/catalog/product/542250> (дата обращения: 12.05.2021).

2. Гулин, А.В. Введение в численные методы в задачах и упражнениях: учебное пособие / А.В. Гулин, О.С. Мажорова, В.А. Морозова — М.: АРГАМАК-МЕДИА, НИЦ ИНФРА-М, 2019. — 368 с. — Режим доступа: <https://znanium.com/catalog/product/1032671> (дата обращения: 12.05.2021).

7.2. Дополнительная литература:

1. Кадет, В.В. Методы математической физики в решении задач нефтегазового производства: курс лекций. — Москва-Ижевск: Институт компьютерных исследований, 2004. — 148 с. — Режим доступа: <https://znanium.com/catalog/product/345149> (дата обращения: 12.05.2021).

2. Давыдов, А.П. Методы математической физики. Классификация уравнений и постановка задач. Метод Даламбера: курс лекций / А.П. Давыдов, Т.П. Злыднева. — М.: НИЦ ИНФРА-М, 2017. — 100 с. — Режим доступа: <https://znanium.com/catalog/product/884637> (дата обращения: 12.05.2021).

3. Пантелеев, А.В. Численные методы. Практикум: учебное пособие / А.В. Пантелеев, И.А. Кудрявцева. — М.: ИНФРА-М, 2020. — 512 с. — Режим доступа: <https://znanium.com/catalog/product/1028969> (дата обращения: 12.05.2021).

4. Тарасик, В.П. Математическое моделирование технических систем: учебник / В.П. Тарасик. — Минск: Новое знание; Москва: ИНФРА-М, 2020. — 592 с. — Режим доступа: <https://znanium.com/catalog/product/1042658> (дата обращения: 12.05.2021).

7.3. Интернет-ресурсы:

1. Сайт механико-математического факультета МГУ — <http://www.math.msu.su> (дата обращения: 12.05.2021).

2. Сайт математико-механического факультета Санкт-Петербургского государственного университета — <http://www.math.spbu.ru> (дата обращения: 12.05.2021).

3. Общероссийский математический портал — <http://www.mathnet.ru/> (дата обращения: 12.05.2021).

7.4. Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы:

1. eLIBRARY — научная библиотека (г. Москва). — <http://elibrary.ru>

2. Отраслевая электронная библиотека OnePetro. — <https://www.onepetro.org/>

3. Библиографическая и реферативная база данных Scopus — <https://www.scopus.com/> (дата обращения: 12.05.2021).

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

– Лицензионное ПО, в том числе отечественного производства: Microsoft Teams, Microsoft Office, Matlab, Eclipse, Microsoft Visual Studio

– ПО, находящееся в свободном доступе, в том числе отечественного производства: Spyder IDE, PyCharm, Anaconda.

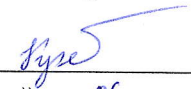
9. Технические средства и материально-техническое обеспечение дисциплины

Для проведения лабораторных занятий по данной дисциплине необходима компьютерная аудитория.

Для лекционных занятий требуется аудитория, оснащенная мультимедийным оборудованием.

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«ТЮМЕНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

УТВЕРЖДАЮ
Заместитель директора
Физико-технического института
по учебной работе


С.А. Креков
« 23 » 06. 2021 г.

ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ И ПРИКЛАДНАЯ МЕХАНИКА
Рабочая программа дисциплины
для обучающихся по направлению подготовки
16.03.01 Техническая физика
Профиль: Техническая физика в нефтегазовых технологиях
форма обучения: очная

Михайлов П.Ю., Колосов В.И. Теоретическая и прикладная механика. Рабочая программа дисциплины для обучающихся по направлению подготовки 16.03.01 Техническая физика, профиль Техническая физика в нефтегазовых технологиях, форма обучения очная. Тюмень, 2021.

Рабочая программа дисциплины опубликована на сайте ТюмГУ:
<https://www.utmn.ru/sveden/education/#>.

1. Пояснительная записка

Цель дисциплины: изучение тех общих законов, которым подчиняются движение и равновесие материальных тел и возникающие при этом взаимодействия между телами и формирование у студентов системы знаний, позволяющих анализировать механические системы общего назначения, сопоставлять их эксплуатационные возможности и выполнять простейшие проектные работы в данной области.

Задачи дисциплины:

- сформировать у студентов представления предмете теоретической механики, возможностях её аппарата и границах применимости её моделей, а также о междисциплинарных связях теоретической механики с другими естественнонаучными, общепрофессиональными и специальными дисциплинами;
- знакомство основными типами механизмов, узлов и деталей машин общего назначения;
- изучение основ структурного, кинематического, динамического и силового анализа и синтеза механизмов;
- изучение основ проектирования элементарных механических систем исходя из различных условий работоспособности.

1.1. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Данная дисциплина входит к блок Б1 Дисциплины (модули) и относится к части, формируемой участниками образовательных отношений. Для ее успешного освоения необходимо предварительное изучение дисциплин «Механика», «Математический анализ», «Линейная алгебра и аналитическая геометрия», «Высшая математика».

1.2. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения данной дисциплины

Таблица 1

Код и наименование компетенции (из ФГОС ВО)	Код и наименование части компетенции	Планируемые результаты обучения (знаниевые/функциональные)
ПК-2: способен применять методы аналитических исследований в соответствующей области знаний	–	Знает основные понятия и законы механики и вытекающие из них методы изучения равновесия и движения материальной точки, твёрдого тела и механической системы
		Умеет: <ul style="list-style-type: none"> – прилагать полученные знания для решения соответствующих конкретных задач техники; – самостоятельно строить и исследовать математические и механические модели технических систем, квалифицированно применяя при этом аналитические и численные методы исследования и используя возможности современных компьютеров и информационных технологий; – обосновывать принятие конкретного технического решения при разработке технологических процессов и изделий, выбирать технические средства и технологии с учетом экономических и экологических последствий их применения

2. Структура и объем дисциплины

Таблица 2

Вид учебной работы		Всего часов (академические часы)	Часов в семестре (академические часы)
			4 семестр
Общий объем	зач. ед.	5	5
	час	180	180
Из них:			
Часы контактной работы (всего):		82	82
Лекции		34	34
Практические занятия		46	46
Лабораторные / практические занятия по подгруппам		0	0
Консультации и иная контактная работа		2	2
Часы внеаудиторной работы, включая самостоятельную работу обучающегося		98	98
Вид промежуточной аттестации			Экзамен

3. Система оценивания

3.1. На учебных занятиях оценивается:

- работа студентов на лекции (0-1 балл за занятие);
- работа в аудитории на практических занятиях (0-5 баллов за занятие);
- при выполнении контрольной работы (0-15 баллов за 1 контрольную работу);
- при проведении коллоквиума (0-20 баллов за 1 коллоквиум).

Контрольная работа проводится после завершения модуля «Теоретическая механика» (см. п. 4.1, темы 1-8).

Коллоквиум проводится после завершения модуля «Прикладная механика», на последнем практическом занятии. Студентам предлагается ответить на два вопроса (см. п. 6.1, примерные вопросы к экзамену), по одному из каждого модуля. За успешный ответ на один вопрос возможно заработать до 10 баллов.

Форма промежуточной аттестации по дисциплине – экзамен.

Экзаменационную оценку возможно получить автоматически, при условии, что:

- количество баллов, полученных в течение семестра, составляет 61-75% от максимально возможного при усвоении дисциплины – оценка "удовлетворительно";
- количество баллов, полученных в течение семестра, составляет 76-90% от максимально возможного при усвоении дисциплины – оценка "хорошо";
- количество баллов, полученных в течение семестра, составляет 91-100% от максимально возможного при усвоении дисциплины – оценка "отлично".

В случае несогласия студента с итоговой оценкой, ему предоставляется право сдавать экзамен, и оценка выставляется непосредственно по результатам экзамена.

4. Содержание дисциплины

4.1. Тематический план дисциплины

Таблица 3

№ п/п	Наименование тем и/или разделов	Объем дисциплины, час.				
		Всего	Виды аудиторной работы (академические часы)			Консультации и иная контактная работа
			Лекции	Практические занятия	Лабораторные/ практические занятия по подгруппам	
1	2	3	4	5	6	7
1.	Основные законы статики	6	2	2	0	0
2.	Системы сил, их эквивалентность	12	2	2	0	0
3.	Элементарные операции над системами сил	10	2	2	0	0
4.	Трение	10	2	2	0	0
5.	Кинематика. Основные положения	12	2	4	0	0
6.	Простейшие движения твердого тела	10	2	2	0	0
7.	Введение в динамику	10	2	2	0	0
8.	Динамика свободной материальной точки	14	2	6	0	0
9.	Введение в прикладную механику	10	2	2	0	0
10.	Кинематика механизмов	10	2	2	0	0
11.	Динамика механизмов машин	10	2	2	0	0
12.	Проектирование деталей машин	10	2	2	0	0
13.	Прочность деталей машин	12	2	4	0	0
14.	Виды передач	10	2	2	0	0
15.	Валы и оси	10	2	2	0	0
16.	Соединения	10	2	2	0	0
17.	Муфты	12	2	6	0	0
18.	Экзамен	2	0	0	0	2
	Итого (часов)	180	34	46	0	2

4.2. Содержание дисциплины по темам

1. «Основные законы статики»

Краткая характеристика задач, решаемых в теоретической механике. Место теоретической механики в цикле естественнонаучных дисциплин. Фундаментальные модели и определения. Аксиоматический метод в механике. Структура курса теоретической механики. Сила как мера механического взаимодействия материальных тел. Вектор силы, его модуль, направление и компоненты; точка приложения силы. Момент силы относительно точки (полюса), его свойства; вычисление проекций момента силы. Момент силы относительно оси.

Решение задач на тему «Момент силы относительно точки и относительно оси».

2. «Системы сил, их эквивалентность»

Пара сил и её момент. Главный вектор и главный момент произвольной системы сил; изменение главного момента системы сил при смене полюса. Аксиомы статики. Следствие о переносе силы вдоль её линии действия. Связи и их реакции. Односторонние и двусторонние связи. Важнейшие примеры связей. Критерий эквивалентности двух систем сил. Условие эквивалентности двух пар сил.

Решение задач на тему «Аксиомы статики. Несвободное твердое тело. Связи. Реакции связей».

3. «Элементарные операции над системами сил»

Теорема о приведении системы параллельных сил к равнодействующей. Центр системы параллельных сил. Распределённые системы параллельных сил. Центр тяжести тела; способы нахождения центра тяжести. Приведение произвольной системы сил к простейшему виду элементарными операциями. Теорема об условиях равновесия абсолютно твёрдого тела. Уравнения равновесия для произвольной, плоской и сходящейся системы сил, для системы параллельных сил. Равновесие систем твёрдых тел. Статически определимые и статически неопределимые системы. Последовательность действий при составлении уравнений равновесия системы твёрдых тел.

Решение задач на тему «Система сходящихся сил».

4. «Трение»

Виды трения. Законы трения скольжения (при покое); угол трения и конус трения. Понятие о трении качения и верчения. Методы решений задач о равновесии систем твёрдых тел при наличии трения.

Решение задач на указанную тему.

5. «Кинематика. Основные положения»

Траектория и уравнения движения точки. Декартова, цилиндрическая и сферическая система координат. Переход от уравнения движения в декартовых координатах к естественному уравнению движения. Скорость и ускорение точки.

Решение задач на тему «Кинематические способы задания движения точки. Скорость и ускорение точки».

6. «Простейшие движения твердого тела»

Поступательное движение твердого тела. Вращательное движение твердого тела. Уравнение вращательного движения. Угловая скорость и угловое ускорение тела. Скорости и ускорения точек твердого тела, вращающиеся вокруг неподвижной оси. Примеры на вращательное движение тела.

Решение задач на указанную тему

7. «Введение в динамику»

Предмет динамики. Краткий исторический обзор развития динамики. Основные законы механики (Законы Галилея-Ньютона). Системы единиц механических величин.

Решение задач на тему «Основные уравнения динамики».

8. «Динамика свободной материальной точки»

Дифференциальные уравнения движения свободной материальной точки в декартовых координатах. Естественные уравнения движения материальной точки. Две основные задачи динамики точки.

Решение задач на темы «Свободное падение тела без учета сопротивления воздуха», «Движение тела, брошенного под углом к горизонту, без учета сопротивления воздуха».

Движение падающего тела с учетом сопротивления воздуха. Пример интегрирования дифференциальных уравнений движения материальной точки для случая силы, зависящей от времени. Пример интегрирования дифференциальных уравнений движения материальной точки для случая силы, зависящей от положения точки.

9. «Введение в прикладную механику»

Теория механизмов и детали машин – как завершающие разделы науки о построении машин. Историческая справка. Основные понятия. Машина: определение, классификация. Механизм: определение, назначение, основные типы. Звено, типы звеньев. Кинематическая пара, классификация кинематических пар, их условное изображение на схемах. Кинематические цепи. Основные типы механизмов: рычажные, кулачковые, передаточные; схемы, принцип работы применение. Классификация передаточных механизмов.

Цель практического занятия – освоить методику и приобрести навыки кинематического и силового расчета. Задачи: к заданной схеме привода и параметрам рабочего органа подобрать электродвигатель, назначить передаточные отношения передач, определить скорости, мощности и вращающие моменты на каждом валу привода. Работа выполняется по индивидуальным заданиям.

10. «Кинематика механизмов»

Структурные формулы механизмов. Избыточные связи и их устранение. Понятие группы Асура, структурная классификация плоских рычажных механизмов. Задачи и методы кинематического анализа. Кинематический анализ плоских рычажных механизмов. Кинематика передаточных механизмов, передаточное отношение в простом и сложных механизмах. Зубчатые передаточные механизмы: определение, принцип работы. Элементы, основные параметры и соотношения зубчатого венца. Условие правильного зацепления. Основная теорема зацепления. Сопряженное зацепление. Эвольвента окружности и её свойства. Эвольвентное зацепление.

Цель практического занятия – освоить методы расчета допускаемых напряжений при прочностных расчетах деталей машин. Задачи: выбрать критерии работоспособности и расчета зубчатых передач; выбрать материалы зубчатых колес; рассчитать допускаемые напряжения. Работа выполняется по индивидуальным заданиям.

11. «Динамика механизмов машин»

Силы, действующие в машинах. Определение реакций в кинематических парах, приведение силы и момента. Трение в кинематических парах, коэффициенты потерь, К.П.Д. Движение машины под действием приложенных сил, уравнение движения машины. Уравновешивание движущихся сил.

Цель практического занятия – освоить методы прочностного расчета деталей машин на примере зубчатой передачи. Задачи: выбрать критерий расчета, выполнить проектный расчет; подобрать основные параметры и рассчитать размеры зубчатых венцов; уточнить коэффициенты нагрузки и выполнить проверочные расчеты.

Работа выполняется по индивидуальным заданиям.

12. «Проектирование деталей машин»

Понятие проектирования. Деталь, узел, классификация деталей машин общего назначения. Требования, предъявленные к механическим системам: работоспособность, надежность, технологичность, экономичность, эргономичность. Работоспособность: условие работоспособности; основные критерии работоспособности: прочность, жесткость, износостойкость, теплостойкость, виброустойчивость.

Цель практического занятия – уяснить назначение и освоить методику проверочных расчетов деталей машин. Задачи: выполнить проверочный расчет соединений (шпоночных); рассчитать долговечность подшипников при заданной вероятности безотказной работы; выполнить прочностной расчет вала (расчет на сопротивление усталости); выполнить проверочный расчет муфт.

Работа выполняется по индивидуальным заданиям.

13. «Прочность деталей машин»

Прочность: особенности расчета на прочность при различных видах напряженно-деформированного состояния и характера нагрузки (постоянные и переменные нагрузки, объемные и поверхностные разрушения). Оценка поверхностной прочности в высших кинематических парах. Формула Герца и её применение. Выбор допускаемых напряжений и коэффициентов запаса прочности. Факторы, влияющие на величину предельно опасных напряжений. Формы расчета на прочность и этапы проектирования.

Цель практических занятий – приобрести навыки чтения и оформления сборочных чертежей и общих видов. Задачи: определить необходимое количество видов разрезов, сечений и рационально разместить их на формате; проставить позиции, составить спецификацию и обозначение изделий; сформулировать технические требования и характеристики.

Работа выполняется по индивидуальным заданиям.

14. «Виды передач»

Механические передачи: назначение, классификация, область применения. Фрикционные передачи: схема, принцип работы, классификация, применение, кинематика, причины отказов, критерии работоспособности и расчета, расчет по контактным напряжениям. Зубчатые передачи: типы, область применения. Цилиндрические прямозубые передачи: схема, основные параметры и соотношения зубчатого венца, кинематика, силы в зацеплении, причины отказов, расчет по контактным и изгибным напряжениям. Цилиндрические косозубые передачи: образование, особенности геометрии, достоинства и недостатки, силы в зацеплении, особенности расчета на прочность. Конические передачи: схема, основные геометрические элементы, параметры и соотношения, силы в зацеплении, особенности расчета на прочность. Червячные передачи: схема, типы, основные параметры и соотношения, кинематика, силы в зацеплении, особенности геометрии контакта, материалы червячной пары, причин отказов, критерии работоспособности и расчета, особенности расчета на прочность. Ременные передачи: схема, принцип работы, типы ремней и область применения, кинематика, силы и силовые соотношения, критерии работоспособности и расчета, расчет по тяговой способности.

Цель практического занятия – приобрести навыки чтения и разработки рабочих чертежей деталей. Задачи: ознакомиться с вариантами выполнения рабочих чертежей типовых деталей машин и правилами их оформления; разработать рабочие чертежи вала и зубчатого колеса проектируемого редуктора, освоить способы простановки размеров, назначить точность их выполнения, оформить допуски на отклонения формы и относительного расположения поверхностей, сформулировать технические требования на изготовление.

Работа выполняется по индивидуальным заданиям.

15. «Валы и оси»

Назначение, типы, действующие нагрузки и напряжения, причины отказов, критерии работоспособности, этапы проектирования. Ориентировочный расчет, приблизительный расчет, уточненный расчет валов. Подшипники. Назначение, типы. Подшипники скольжения: конструкция, принцип работы, виды трения, расчет при полужидкостном трении. Подшипники качения: типы, условное обозначение, достоинства и недостатки. Расчет по статической и динамической грузоподъемности.

Цель практического занятия – приобрести навыки оформления текстовой конструкторской документации. Задачи: ознакомиться с общими требованиями к структуре

и оформлению расчетно-пояснительной записки к проекту согласно СТП ХГТУ 2.02 – 2004 и СТП ХГТУ 20.03 – 2004.

Работа выполняется с использованием примеров выполнения аналогичных документов.

16. «Соединения»

Назначение, типы. Разъемные соединения. Резьбовые соединения: резьбовые детали, резьба, параметры резьбы, типы резьб и их применение, метрическая резьба, момент при затяжке резьбового соединения. Причины отказов резьбовых деталей. Расчет стержня болта в незатянутом соединении. Расчет стержня болта в затянутом соединении. Расчет болтовых соединений, нагруженных сдвигающими силами. Общий подход к расчету групповых болтовых соединений. Шпоночные соединения: назначение, типы, подбор параметров и расчет соединений призматическими шпонками. Неразъемные соединения. Сварные соединения, образование, типы, расчет стыковых и нахлесточных соединений. Заклепочные соединения: образование, типы, расчет на прочность

Цель практического занятия – приобрести навыки выбора условий работоспособности и расчета для основных характерных случаев нагружения резьбовых соединений. Задачи: оценить выигрыш в силе при затяжке резьбового соединения нормальным ключом; рассчитать стержень шпильки в затянутом резьбовом соединении и подобрать резьбу (винтовая стяжка); рассчитать резьбовое соединение, работающее на сдвиг при установке болта с зазором и без зазора.

Работа выполняется по групповым заданиям с различными вариантами исходных данных.

17. «Муфты»

Назначение. Общая классификация. Основные типы постояннодействующих муфт: глухие, жесткие компенсирующие, упругие. Подбор и проверка стандартных муфт.

Цель практических занятий – приобрести навыки выбора условий прочности и расчета сварных и заклепочных соединений. Задачи: рассчитать стыковое сварное соединение, нагруженное изгибающим моментом и растягивающей силой; рассчитать нахлесточное сварное соединение, нагруженное растягивающей силой; рассчитать групповое заклепочное соединение.

Работа выполняется по групповым заданиям с различными вариантами исходных данных.

Также обучающиеся ознакомятся с методикой расчета и особенностями геометрии цилиндрических косозубых передач. Задачи: при заданных материалах зубчатых колес определить допускаемые напряжения; выполнить проектный расчет; определить основные геометрические размеры зубчатых колес; выполнить проверочный расчет и эскиз передачи.

Работа выполняется по индивидуальным заданиям.

На последнем практическом занятии проводится коллоквиум по учебной дисциплине. В коллоквиуме содержится 2 вопроса, по каждому из модулей. Список примерных вопросов находится в п. 6.1.

5. Учебно-методическое обеспечение и планирование самостоятельной работы обучающихся

Таблица 4

№ темы	Темы	Формы СРС, включая требования к подготовке к занятиям
1	Основные законы статики	Чтение основной и дополнительной литературы. Проработка лекций. Решение задач.
2	Системы сил, их эквивалентность	Чтение основной и дополнительной литературы. Проработка лекций. Решение задач.
3	Элементарные операции над системами сил	Чтение основной и дополнительной литературы. Проработка лекций. Решение задач.
4	Трение	Чтение основной и дополнительной литературы. Проработка лекций. Решение задач.
5	Кинематика. Основные положения	Чтение основной и дополнительной литературы. Проработка лекций. Решение задач.
6	Простейшие движения твердого тела	Чтение основной и дополнительной литературы. Проработка лекций. Решение задач.
7	Введение в динамику	Чтение основной и дополнительной литературы. Проработка лекций. Решение задач.
8	Динамика свободной материальной точки	Чтение основной и дополнительной литературы. Проработка лекций. Решение задач.
9	Вводные сведения	Чтение основной и дополнительной литературы. Проработка лекций. Решение задач.
10	Кинематика механизмов	Чтение основной и дополнительной литературы. Проработка лекций. Решение задач.
11	Динамика механизмов машин	Чтение основной и дополнительной литературы. Проработка лекций. Решение задач.
12	Проектирование деталей машин	Чтение основной и дополнительной литературы. Проработка лекций. Решение задач.
13	Прочность деталей машин	Чтение основной и дополнительной литературы. Проработка лекций. Решение задач.
14	Виды передач	Чтение основной и дополнительной литературы. Проработка лекций. Решение задач.
15	Валы и оси	Чтение основной и дополнительной литературы. Проработка лекций. Решение задач.
16	Соединения	Чтение основной и дополнительной литературы. Проработка лекций. Решение задач.
17	Муфты	Чтение основной и дополнительной литературы. Проработка лекций. Решение задач.

6. Промежуточная аттестация по дисциплине

6.1. Оценочные материалы для проведения промежуточной аттестации по дисциплине

Примерные вопросы к экзамену

1. Предмет механики. Теоретическая механика и ее место среди естественных и технических наук. Механика как теоретическая база ряда областей современной техники. Объективный характер законов механики.

2. Предмет статики. Основные понятия статики: абсолютно твердое тело, сила, эквивалентные системы сил, равнодействующая, уравновешенная система сил, силы внешние и внутренние.

3. Аксиомы статики.
4. Связи и реакции связей. Основные виды связей: гладкая плоскость, поверхность и опора, гибкая нить, цилиндрический шарнир (подшипник), сферический шарнир (подпятник), невесомый стержень; реакции этих связей.
5. Геометрический и аналитический способы сложения сил. Сходящиеся силы. Равнодействующая сходящихся сил. Геометрическое условие равновесия системы сходящихся сил.
6. Аналитические условия равновесия пространственной и плоской систем сходящихся сил. Теорема о равновесии трех непараллельных сил.
7. Момент силы относительно точки (центра) как вектор. Пара сил. Момент пары сил как вектор. Теорема о сумме моментов сил, образующих пару, относительно любого центра.
8. Теоремы об эквивалентности пар. Сложение пар, произвольно расположенных в пространстве. Условия равновесия системы пар.
9. Приведение произвольной системы сил к данному центру. Теорема о параллельном переносе силы. Основная теорема статики о приведении системы сил к данному центру. Главный вектор и главный момент системы сил.
10. Алгебраическая величина момента силы. Вычисление главного вектора и главного момента плоской системы сил. Частные случаи приведения плоской системы сил: приведение к паре сил, к равнодействующей и случай равновесия.
11. Аналитические условия равновесия плоской системы сил. Три вида условий равновесия.
12. Условия равновесия плоской системы параллельных сил. Теорема Вариньона о моменте равнодействующей.
13. Сосредоточенные и распределенные силы. Силы, равномерно распределенные по отрезку прямой, и их равнодействующая. Реакция жесткой заделки. Равновесие системы тел. Статически определимые и статически неопределимые системы.
14. Равновесие тел при наличии сил трения. Коэффициент трения. Предельная сила трения. Угол и конус трения. Классификация кинематических пар по числу связей.
15. Структурные формулы механизмов, формула Малышева.
16. Структурные формулы механизмов. Формула Чебышева, примеры расчета подвижности.
17. Механизмы, назначение, основные типы.
18. Рычажные механизмы, назначение, схемы.
19. Кулачковые механизмы, назначение, схемы.
20. Передаточные механизмы, назначение, общая классификация.
21. Простые и сложные передаточные механизмы.
22. Основные кинематические и силовые соотношения в простом передаточном механизме. Передаточное отношение.
23. Связь передаточного отношения с параметрами звеньев.
24. Определение передаточного отношения в сложном механизме, кратный ряд.
25. Механизмы с паразитными звеньями, назначение, определение передаточного отношения.
26. Планетарные передаточные механизмы, схема, назначение.
27. Определение передаточного отношения в планетарном механизме. Формула Кудрявцева.
28. Зубчатые передаточные механизмы, принцип работы, достоинства и недостатки, основные параметры и соотношения зубчатого венца.

29. Зубчатые передачи, условия правильного зацепления.
30. Основная теорема зацепления.
31. Эвольвента окружности, образование, уравнение.
32. Свойства эвольвентного зацепления.
33. Триботехника, основные понятия, виды трения.
34. Трение-скольжения, сила трения.
35. Трение-скольжения, условия неподвижности на наклонной плоскости.
36. Трение-скольжения, условия неподвижности и движения на горизонтальной плоскости.
37. Трение-качения, формула Кулона.
38. Требования, предъявляемые к механическим системам.
39. Понятие работоспособности, критерии работоспособности.
40. Основные условия работоспособности: прочность, жесткость.
41. Основные условия работоспособности. Износостойкость.
42. Основные условия работоспособности: теплостойкость, виброустойчивость.
43. Прочность: статическая и усталостная.
44. Факторы, влияющие на величину предельно опасных напряжений.
45. Критерии работоспособности и расчета валов. Этапы проектирования.
46. Расчет напряженного соединения, нагруженного отрывающими силами (общий подход).
47. Основные параметры резьбы.
48. Работа силы тяжести, силы упругости и силы тяготения.
49. Центральная сила. Сохранение момента количества движения материальной точки в случае центральной силы.
50. Количество движения механической системы; его выражение через массу системы и скорость ее центра масс.

6.2. Критерии оценивания компетенций:

Таблица 5

Карта критериев оценивания компетенций

№ п/п	Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенций, соотнесенные с планируемыми результатами обучения	Оценочные материалы	Критерии оценивания
1.	ПК-2: способен применять методы аналитических исследований в соответствующей области знаний	<p>Пороговый уровень освоения ОП (удовл.)</p> <p><i>Знает</i> базовые методы статического и кинематического анализа механизмов и машин; методы проектирования структурных, кинематических и динамических схем механизма; классификацию машин и механизмов.</p> <p><i>Умеет</i> выполнять структурный, кинематический и динамический анализ механизмов</p>	Решение задач на практических занятиях, контрольная работа, коллоквиум, вопросы к экзамену	Активность на практических занятиях. Правильность решений задач на практических задачах и в контрольных работах. Указание всех необходимых формул при решении контрольных

		и машин; строить технические схемы и чертежи элементов и узлов.		<p>работ. Полнота и правильность ответов на контрольные вопросы коллоквиума и экзамена.</p> <p>Демонстрация причинно-следственных связей при ответах на вопросы преподавателя. Правильность интерпретации физических законов.</p>
		<p>Базовый (хор.)</p> <p><i>Знает</i> основные требования, предъявляемые к механизмам; основные методы статического и кинематического анализа механизмов и машин; принципы построения структурной, кинематической и динамической схемы механизмов; основные технико-эксплуатационные требования, предъявляемые к механизмам.</p> <p><i>Умеет</i> выполнять структурный, кинематический и динамический анализ механизмов и машин; проводить стандартные испытания; определять внутренние напряжения в деталях машин и элементах конструкций; строить технические схемы и чертежи элементов и узлов и частей установок.</p>		
		<p>Повышенный (отл.)</p> <p><i>Знает</i> основные требования, предъявляемые к механизмам на современном производстве; основные методы структурного, кинематического и динамического анализа механизмов и машин, определения внутренних сил в механизме; правила построения расчетных схем, схем механизмов, а также чертежей зубчатых зацеплений.</p> <p><i>Умеет</i> выполнять структурный, кинематический и динамический анализ механизмов и машин; проводить стандартные и сертификационные испытания; проектировать структурные, кинематические и динамические схемы элементов, узлов и промышленных установок.</p>		

7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

7.1. Основная литература:

Детали машин [Электронный ресурс]: учебно-методическое пособие / — Электрон. текстовые данные. — Новосибирск: Новосибирский государственный аграрный университет, 2010. — 91 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/64713.html> — ЭБС «IPRbooks» (дата обращения: 01.04.2021).

7.2. Дополнительная 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 — ISBN 978-5-9558-0546-7. — Текст: электронный. — URL: <https://znanium.com/catalog/product/1039251> (дата обращения: 01.04.2021). — Режим доступа: по подписке.

2. Цивильский, В.Л. Теоретическая механика: Учебник / Цивильский 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: 01.04.2021). — Режим доступа: по подписке.

7.3. Интернет-ресурсы:

—

7.4. Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы:

eLIBRARY — научная библиотека (г. Москва). — <http://elibrary.ru> (дата обращения: 01.04.2021).

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

– Лицензионное ПО, в том числе отечественного производства:

платформа для электронного обучения Microsoft Teams, офисный пакет программ MS Office или Libre Office.

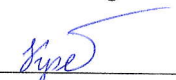
9. Технические средства и материально-техническое обеспечение дисциплины

Для проведения лекционных занятий необходима мультимедийная учебная аудитория, оснащенная учебной мебелью, доской аудиторной, мультимедийным проекционным и акустическим оборудованием, персональным компьютером.

Для проведения практических занятий требуется учебная аудитория, оснащенная учебной мебелью и доской аудиторной.

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«ТЮМЕНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

УТВЕРЖДАЮ
Заместитель директора
Физико-технического института
по учебной работе


С.А. Креков
« 23 » 06. 2021 г.

СОПРОТИВЛЕНИЕ МАТЕРИАЛОВ И ТЕОРИЯ ПРОЧНОСТИ

Рабочая программа дисциплины
для обучающихся по направлению подготовки
16.03.01 Техническая физика
Профиль: Техническая физика в нефтегазовых технологиях
форма обучения: очная

Колосов В.И. Сопротивление материалов и теория прочности. Рабочая программа дисциплины для обучающихся по направлению подготовки 16.03.01 Техническая физика, профиль: Техническая физика в нефтегазовых технологиях, форма обучения очная. Тюмень, 2021.

Рабочая программа дисциплины опубликована на сайте ТюмГУ:
<https://www.utmn.ru/sveden/education/#>.

1. Пояснительная записка

Цель: усвоение основ инженерной подготовки в области проектирования и расчета типовых элементов инженерных сооружений.

Задачи дисциплины:

- изучение основ теории напряженно-деформированного состояния стержней и стержневых систем под действием различных нагрузок;
- овладение методами расчёта элементов конструкций на прочность и жесткость при растяжении-сжатии, кручении, сдвиге, изгибе.

1.1. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Данная дисциплина входит в блок Б1 Дисциплины (модули), часть, формируемая участниками образовательных отношений.

Для успешного освоения дисциплины необходимы знания и умения, приобретенные в ходе освоения дисциплин «Механика», «Математический анализ», «Линейная алгебра и аналитическая геометрия», «Высшая математика», «Теоретическая и прикладная механика».

Знания, полученные в ходе изучения дисциплины «Сопротивление материалов и теория прочности», необходимы для изучения последующих дисциплин: «Гидрогазодинамика», «Подземная гидрогазодинамика», «Промысловая химия», «Гидродинамические исследования скважин», «Теплообмен сложных систем», «Свойства теплообменных сред», «Физика криогенных процессов», а также могут способствовать решению задач научно-исследовательского проекта и выпускной квалификационной работы.

1.2. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения данной дисциплины

Таблица 1

Код и наименование компетенции (из ФГОС ВО)	Код и наименование части компетенции	Планируемые результаты обучения (знаниевые/функциональные)
ПК-2: способен применять методы аналитических исследований в соответствующей области знаний	–	<p>Знает</p> <ul style="list-style-type: none"> • методы измерений и исследований, основанные на различных физических эффектах; • основы метрологии, стандартизации и сертификации; • проблематику области физики, выбранной для исследований.
		<p>Умеет</p> <ul style="list-style-type: none"> • выделять/ставить задачи, решаемые в рамках доступных приближений и ресурсов; • пользоваться прикладными методами расчета физико-математических моделей.

2. Структура и объем дисциплины

Таблица 2

Вид учебной работы	Всего часов (академические часы)	Часов в семестре (академические часы)
		5 семестр
Общий объем зач. ед. час	4	4
	144	144
Из них:		
Часы контактной работы (всего):	64	64
Лекции	34	34
Практические занятия	28	28
Лабораторные / практические занятия по подгруппам	0	0
Консультации и иная контактная работа	2	2
Часы внеаудиторной работы, включая самостоятельную работу обучающегося	80	80
Вид промежуточной аттестации		Экзамен

3. Система оценивания

3.1. Оценивание результатов усвоения обучающимися дисциплины проводится с помощью домашних работ, включающих решение задач по темам дисциплины, и контрольных работ, проводимых во время практических занятий.

Домашняя работа состоит в решении индивидуальных задач по вариантам, указанным преподавателем, и оформлении решения в соответствии с требованиями, предъявляемым к оформлению расчётно-графических работ.

Контрольная работа выполняется во время практического занятия на листах бумаги в клеточку и состоит в решении индивидуальной задачи.

Оценка домашних работ определяется их оформлением, правильными постановкой, решением и ответом и составляет максимально 10 баллов за каждую:

9 – 10 баллов – замечаний нет или замечания по формулировкам и оформлению;

7 – 8 баллов – нет ответов или они сформулированы неверно, есть математические ошибки;

5 – 6 баллов – в решении есть ошибки в применении и выборе формул, ошибки в результатах;

3 – 4 балла – неправильно построена или не построена расчётная схема, есть ошибки в результатах;

0 – 2 балла – представленная домашняя работа не имеет верного решения, оформлена неправильно.

Оценка контрольных работ на практических занятиях определяется правильностью решения и ответа и составляет 10 баллов за каждую:

0 – 2 балла – записаны исходные данные;

3 – 4 балла – построена расчётная схема, записаны основные выражения;

5 – 7 баллов – построена расчётная схема, основные разрешающие уравнения, нет расчётов и правильных результатов вычислений;

8 – 10 баллов – замечаний нет или есть незначительные ошибки в представлении результатов вычислений.

Форма промежуточной аттестации по дисциплине – экзамен. К экзамену допускаются все студенты вне зависимости от набранных баллов. Если студент в течение семестра получил 61 и более баллов, ему автоматически проставляется экзамен по данному предмету в соответствии с шкалой перевода:

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

Если же количество баллов составляет менее 61, то студент сдает экзамен, а также защищает расчетно-графические работы по предмету.

4. Содержание дисциплины

4.1. Тематический план дисциплины

Таблица 3

№ п/п	Наименование тем и/или разделов	Объем дисциплины, час.				
		Всего	Виды аудиторной работы (академические часы)			Консультации и иная контактная работа
			Лекции	Практические занятия	Лабораторные/ практические занятия по подгруппам	
1	2	3	4	5	6	7
1.	Основные понятия.	8	4	0	0	0
2.	Теория прочности.	8	4	0	0	0
3.	Центральное растяжение и сжатие стержней.	16	2	4	0	0
4.	Геометрические характеристики поперечных сечений стержней.	24	4	6	0	0
5.	Чистый сдвиг. Кручение.	18	4	4	0	0
6.	Плоский изгиб.	34	8	8	0	0
7.	Энергетический метод расчета стержневых систем.	18	4	4	0	0
8.	Устойчивость сжатых стержней.	16	4	2	0	0
	Экзамен	2	0	0	0	2
	Итого (часов)	144	34	28	0	2

4.2. Содержание дисциплины по темам

1. Основные понятия.

Задачи сопротивления материалов и ее место среди других дисциплин. Расчетная схема. Силы внешние и внутренние. Классификация нагрузок. Метод сечений. Основные принципы сопротивления материалов. Закон Гука. Краткие сведения о напряженном и деформированном состояниях в точке. Виды напряженных состояний.

2. Теория прочности.

Основные сведения о расчете конструкций. Методы допускаемых напряжений, предельной нагрузки и предельных состояний. Расчёты по допускаемым напряжениям различных типов конструкций при разнообразном напряжённо-деформированном состоянии.

3. Центральное растяжение и сжатие стержней.

Продольные силы, напряжения и перемещения. Принцип Сен-Венана. Напряжения и деформации. Коэффициент Пуассона. Закон Гука. Модуль упругости. Испытание материалов на растяжение-сжатие. Характеристики прочности и жёсткости. Условие прочности при растяжении-сжатии. Перемещения при растяжении и сжатии. Учет собственного веса.

На практических занятиях решаются задачи построения эпюр продольных усилий, нормальных напряжений и деформаций. Определяются перемещения сечений стержня. Проводится подбор сечений стержней из условия прочности. Рассчитываются статически неопределимые стержневые системы.

4. Геометрические характеристики поперечных сечений стержней.

Статические моменты. Определение координат центра тяжести поперечного сечения. Осевой, центробежный и полярный моменты инерции. Моменты инерции простейших фигур. Зависимость между моментами инерции при параллельном переносе осей. Зависимость между моментами инерции при повороте осей. Главные оси и главные моменты инерции. Понятие о радиусе инерции.

На практических занятиях определяются геометрические характеристики поперечного сечения, состоящего из элементарных фигур. Определяется положение осей симметрии сложного сечения.

5. Чистый сдвиг. Кручение.

Понятие о чистом сдвиге. Закон Гука при сдвиге. Связь между модулями упругости при растяжении и сдвиге. Кручение стержней круглого поперечного сечения. Напряжения и перемещения. Анализ напряженного состояния. Расчеты на прочность по касательным напряжениям и усилиям сдвига. Анализ напряженного состояния при изгибе.

На практических занятиях проводятся расчёты на срез и смятие крепёжных деталей. Рассматривается кручение стержня круглого поперечного сечения. Проводится построение эпюр моментов, напряжений и закручивания углов сечений. Решаются задачи на прочность и жесткость при кручении.

6. Плоский изгиб.

Изгиб балок. Основные типы опор и балок. Чистый и поперечный изгиб. Внутренние силовые факторы при изгибе. Правила проверки эпюр внутренних усилий при изгибе. Нормальные и касательные напряжения. Расчет на прочность по нормальным и касательным напряжениям. Формула Д.И. Журавского. Косой изгиб. Внецентренное растяжение и сжатие.

На практических занятиях решаются задачи построения эпюр поперечных сил и изгибающих моментов для двухопорных и консольных балок. Проводится оптимизация поперечного сечения балки из условия прочности.

7. Энергетический метод расчета стержневых систем.

Метод начальных параметров. Универсальные формулы для определения прогибов и углов поворота поперечных сечений. Принцип возможных перемещений и его использование при расчете деформируемых систем. Формула Максвелла-Мора. Способы вычисления интеграла Мора: непосредственное интегрирование, способ Верещагина, формулы трапеций и Симпсона. Основы расчета статически неопределимых балок по методу сил. Канонические уравнения.

8. Устойчивость сжатых стержней.

Понятие об устойчивых и неустойчивых формах равновесия. Формула Эйлера. Учет влияния способов закрепления концов стержня. Пределы применимости формулы Эйлера. Формула Ясинского. Порядок определения критической нагрузки.

На практических занятиях определяется первая критическая сила при продольном нагружении стержней. Рассчитываются геометрические характеристики стержней под действием осевой силы.

5. Учебно-методическое обеспечение и планирование самостоятельной работы обучающихся

Таблица 4

№ темы	Темы	Формы СРС, включая требования к подготовке к занятиям
1.	Основные понятия.	Проработка лекций. Чтение основной и дополнительной литературы.
2.	Теория прочности.	Проработка лекций. Чтение основной и дополнительной литературы.
3.	Центральное растяжение и сжатие стержней.	Проработка лекций. Чтение основной и дополнительной литературы.
4.	Геометрические характеристики поперечных сечений стержней.	Проработка лекций. Чтение основной и дополнительной литературы. Выполнение домашней работы.
5.	Чистый сдвиг. Кручение.	Проработка лекций. Чтение основной и дополнительной литературы. Выполнение домашней работы.
6.	Плоский изгиб.	Проработка лекций. Чтение основной и дополнительной литературы. Выполнение домашней работы.
7.	Энергетический метод расчета стержневых систем.	Проработка лекций. Чтение основной и дополнительной литературы. Выполнение домашней работы.
8.	Устойчивость сжатых стержней.	Проработка лекций. Чтение основной и дополнительной литературы. Выполнение домашней работы.

6. Промежуточная аттестация по дисциплине

6.1. Оценочные материалы для проведения промежуточной аттестации по дисциплине

Промежуточная аттестация (экзамен) проводится в устно-письменной форме, позволяющей оценить уровень знаний изученных тем.

Критерии оценки:

Оценка «отлично» (91 – 100 баллов) ставится, если обучающийся строит ответ логично в соответствии с планом, показывает максимально глубокие знания профессиональных терминов, понятий, категорий, концепций и теорий. Устанавливает содержательные межпредметные связи. Развернуто аргументирует выдвигаемые положения, приводит убедительные примеры. Обнаруживает способность анализа в освещении различных концепций. Делает содержательные выводы. Демонстрирует знание специальной литературы в рамках учебного методического комплекса и дополнительных источников информации. Имеет место высокий уровень освоения компетенций.

Оценка «хорошо» (76 – 90 баллов) ставится, если обучающийся строит свой ответ в соответствии с планом. В ответе представлены различные подходы к проблеме, но их обоснование недостаточно полно. Устанавливает содержательные межпредметные связи. Развернуто аргументирует выдвигаемые положения, приводит необходимые примеры, однако показывает некоторую непоследовательность анализа. Выводы правильны. Речь грамотна, используется профессиональная лексика. Демонстрирует знание специальной литературы в

рамках учебного методического комплекса и дополнительных источников информации. Имеет место средний уровень освоения компетенций.

Оценка «удовлетворительно» (61 – 75 баллов) ставится, если ответ недостаточно логически выстроен, план ответа соблюдается непоследовательно. Обучающийся обнаруживает слабость в развернутом раскрытии профессиональных понятий. Выдвигаемые положения декларируются, но недостаточно аргументированы. Ответ носит преимущественно теоретический характер, примеры ограничены, либо отсутствуют. Имеет место низкий уровень освоения компетенций.

Оценка «неудовлетворительно» (0 – 60 баллов) ставится при условии недостаточного раскрытия профессиональных понятий, категорий, концепций, теорий. Обучающийся проявляет стремление подменить научное обоснование проблем рассуждениями обыденно-повседневного бытового характера. Ответ содержит ряд серьезных неточностей. Выводы поверхностны. Имеет место очень низкий уровень освоения компетенций.

Примерные вопросы, выносимые на экзамен:

1. Основные виды плоских связей.
2. Сила. Нагрузки. Классификации. Проекция.
3. Основные допущения материалов (сплошность, однородность, изотропность).
4. Основные допущения конструкций (линейно-деформируемые, идеально-упругие).
5. Типы конструкций (брус, оболочка, массив).
6. Напряжения. Виды.
7. Деформации.
8. Напряженно-деформированное состояние. Закон Гука.
9. Силовые характеристики НДС.
10. Стержни. Определения. Закон Гука. Правило знаков.
11. Статическая неопределимость конструкций.
12. Расчет ферм.
13. Геометрические характеристики сечений.
14. Статический момент сечения. Его приложение.
15. Определение положения центра тяжести плоских фигур.
16. Моменты инерции (осевой, полярный, центробежный). Их значение.
17. Теорема Гюйгенса (для параллельных осей).
18. Определение осевых моментов инерции при повороте осей.
19. Балки. Определение, виды эпюр.
20. Правило знаков для поперечных сил в сечениях балок.
21. Правило знаков для изгибающих моментов в сечениях балок.
22. Последовательность решения статически определимых балок.
23. Основные характерные свойства эпюр поперечных сил и изгибающих моментов.
24. Рамы. Определение, виды эпюр.
25. Перенос нагрузок на границы участков рам.
26. Условие прочности. Расчёты по допускаемым напряжениям, предельному усилию, предельному состоянию.
27. Теории прочности.
28. Виды эпюр при расчете вала на совместное действие изгиба и кручения.
29. Внецентренное растяжение и сжатие. Напряжения. Косой изгиб.
30. Правило знаков для крутящих моментов. Закон Гука при кручении. Расчет на жесткость.
31. Формулы для расчета на срез и смятие.
32. Касательные напряжения при изгибе. Эпюра.
33. Формула Д.И. Журавского.
34. Уравнение нейтральной линии при внецентренном растяжении-сжатии.

35. Основные методы сопротивления материалов при расчете статически неопределимых конструкций.
36. Канонические уравнения метода сил.
37. Элементарные перемещения канонических уравнений метода сил.
38. Суть способа Верещагина при определении элементарных перемещений канонических уравнений метода сил.
39. Названия и определения схем, используемых при расчете статически неопределимых конструкций.
40. Устойчивость сжатых стержней. Виды устойчивости.
41. Основные определения темы «Устойчивость сжатых стержней».
42. Формула Л. Эйлера.
43. Эйлерова сила.
44. Зависимость критической силы от способа закрепления стержней.
45. Обобщённая формула Л. Эйлера.
46. Границы применимости формулы Л. Эйлера. Диаграмма.
47. Радиус инерции сечения стержня. Гибкость стержня.
48. Предельная гибкость стержня. Её особенность.
49. Формула Ф.С. Ясинского.
50. Дифференциальные уравнения при определении перемещения сечений балки.
51. Метод начальных параметров.
52. Метод Максвелла-Мора.

6.2. Критерии оценивания компетенций

Таблица 5

Карта критериев оценивания компетенций

№ п/п	Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенций, соотнесенные с планируемыми результатами обучения	Оценочные материалы	Критерии оценивания
1.	ПК-2: способен применять методы аналитических исследований в соответствующей области знаний	<p>Пороговый уровень освоения ОП (удовл.): <i>Знает:</i> методы исследования напряжённо-деформированного состояния. <i>Умеет:</i> составлять расчётные схемы; записывать разрешающие уравнения; определять неизвестные.</p> <p>Базовый уровень (хор.): <i>Знает:</i> методы исследования напряжённо-деформированного состояния; виды НДС. <i>Умеет:</i> на основе выполненного решения предложенной задачи анализировать и делать выводы о НДС.</p> <p>Повышенный уровень (отл.): <i>Знает:</i> методы исследования напряжённо-деформированного состояния; виды НДС; понятия и методы дисциплины. <i>Умеет:</i> решать специализированные задачи, анализировать и предлагать оптимальные варианты</p>	Домашние работы, контрольные работы, вопросы к экзамену	Интенсивность использования дополнительных источников при выполнении домашних работ. Правильность решений контрольных работ. Выполнение расчётно-графических работ (эпюры). Экзамен: правильность ответов на вопросы, ссылки на дополнительные источники при ответе.

7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

7.1. Основная литература:

1. Степин, П.А. Сопротивление материалов: учебник / П.А. Степин. — 13-е изд., стер. — Санкт-Петербург: Лань, 2014. — 320 с. — ISBN 978-5-8114-1038-5. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/3179> (дата обращения: 12.05.2021). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

7.2. Дополнительная литература:

1. Сопротивление материалов. Часть 1: учебное пособие / Н.М. Атаров, П.С. Варданян, Д.А. Горшков, А.Н. Леонтьев. — Москва: Московский государственный строительный университет, ЭБС АСВ, 2009. — 64 с. — ISBN 5-7264-0484-X. — Текст: электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS: [сайт]. — URL: <http://www.iprbookshop.ru/16998.html> (дата обращения: 12.05.2021). — Режим доступа: для авторизир. пользователей.

2. Сопротивление материалов. Часть 2: учебное пособие / Н.М. Атаров, П.С. Варданян, Д.А. Горшков, А.Н. Леонтьев. — Москва: Московский государственный строительный университет, ЭБС АСВ, 2010. — 80 с. — ISBN 5-7264-0484-X. — Текст: электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS: [сайт]. — URL: <http://www.iprbookshop.ru/19269.html> (дата обращения: 12.05.2021). — Режим доступа: для авторизир. пользователей.

3. Сопротивление материалов: учебное пособие / Е.В. Брюховецкая, О.В. Конищева, А.Е. Митяев, И.В. Кудрявцев. — 2-е изд. — Красноярск: Сибирский федеральный университет, 2018. — 276 с. — ISBN 978-5-7638-3947-0. — Текст: электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS: [сайт]. — URL: <http://www.iprbookshop.ru/100113.html> (дата обращения: 12.05.2021). — Режим доступа: для авторизир. пользователей.

4. Сопротивление материалов: учебно-методическое пособие / И.Н. Миролюбов, Ф.З. Алмаметов, Н.А. Курицин, И.Н. Изотов. — 9-е изд., испр. — Санкт-Петербург: Лань, 2014. — 512 с. — ISBN 978-5-8114-0555-8. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/39150> (дата обращения: 12.05.2021). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

7.3. Интернет-ресурсы:

7.4. Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы:

eLIBRARY – научная библиотека (г. Москва). — <http://elibrary.ru>

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

Лицензионное ПО, в том числе отечественного производства:

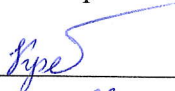
платформа для электронного обучения Microsoft Teams, офисный пакет Microsoft Office.

9. Технические средства и материально-техническое обеспечение дисциплины

Для проведения лекционных и практических занятий требуется мультимедийная учебная аудитория, оснащенная учебной мебелью, доской аудиторной, мультимедийным проекционным и акустическим оборудованием, персональным компьютером.

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«ТЮМЕНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

УТВЕРЖДАЮ
Заместитель директора
Физико-технического института
по учебной работе


_____ С.А. Креков
« 23 » 06. _____ 2021 г.

ОСНОВЫ НЕФТЕГАЗОВОГО ДЕЛА
Рабочая программа дисциплины
для обучающихся по направлению подготовки
16.03.01 Техническая физика
Профиль: Техническая физика в нефтегазовых технологиях
форма обучения: очная

Григорьев Б.В. Основы нефтегазового дела. Рабочая программа дисциплины для обучающихся по направлению подготовки 16.03.01 Техническая физика, профиль Техническая физика в нефтегазовых технологиях, форма обучения очная. Тюмень, 2021.

Рабочая программа дисциплины опубликована на сайте ТюмГУ:
<https://www.utmn.ru/sveden/education/#>.

© Тюменский государственный университет, 2021.

© Григорьев Б.В., 2021.

1. Пояснительная записка

Цель дисциплины «Основы нефтегазового дела» заключается в получении студентами базовых знаний о нефтегазовой промышленности, основах добычи нефти и газа, оборудовании, применяемом в нефтегазопромысловом деле, способах транспортировки нефти и газа и методах распределения.

Основные задачи дисциплины:

1. освоение студентом основных понятий и определений, используемых в нефтегазопромысловом деле;
2. изучение студентом физических свойств нефти и газа;
3. ознакомление с основами бурения нефтегазовых скважин;
4. изучение студентом видов применяемого нефтегазодобывающего оборудования и критериев его выбора;
5. изучение студентом способов подготовки и транспортировки нефти и газа;
6. ознакомление с экологической характеристикой нефтегазопромыслового дела.

1.1. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Данная дисциплина входит в блок Б1 Дисциплины (модули), часть, формируемая участниками образовательных отношений

Для освоения дисциплины необходимы знания, приобретенные в ходе изучения дисциплин общей физики: «Механика», «Молекулярная физика», «Электричество и магнетизм», «Оптика».

Знания, полученные в ходе изучения дисциплины «Основы нефтегазового дела», необходимы для освоения последующих дисциплин по выбору нефтегазовой направленности: «Гидрогазодинамика», «Подземная гидрогазодинамика», «Промысловая химия», «Гидродинамические исследования скважин».

1.2. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения данной дисциплины

Таблица 1

Код и наименование компетенции (из ФГОС ВО)	Код и наименование части компетенции	Планируемые результаты обучения (знаниевые/функциональные)
ПК-2: способен применять методы аналитических исследований в соответствующей области знаний	–	Знает историю нефтегазовой отрасли; основные понятия и определения, используемые в нефтегазопромысловом деле; физические свойства нефти и газа; основные технологии бурения нефтяных и газовых скважин; устройство, виды и классификацию скважин; технику и технологию добычи нефти и газа; способы подготовки и получения товарной нефти и газа; способы транспортировки нефти и газа; методики расчета основных технических установок
		Умеет определять свойства нефти и газа; определять типы скважин по назначению; правильно применять знания по технологиям и оборудованию при проектировании и эксплуатации различных объектов добычи, сбора, подготовки, транспортировки и хранения углеводородов

2. Структура и объем дисциплины

Таблица 2

Вид учебной работы		Всего часов (академические часы)	Часов в семестре (академические часы)
			5
Общий объем	зач. ед.	5	5
	час	180	180
Из них:			
Часы контактной работы (всего):		88	88
Лекции		34	34
Практические занятия		52	52
Лабораторные / практические занятия по подгруппам		0	0
Консультации и иная контактная работа		2	2
Часы внеаудиторной работы, включая самостоятельную работу обучающегося		92	92
Вид промежуточной аттестации			Экзамен

3. Система оценивания

3.1. На практических занятиях по дисциплине «Основы нефтегазового дела» оценивается аудиторная работа следующих видов: участие в деловой игре (0-5 баллов); решение задач (0-10 баллов); сдача коллоквиума № 1, 2 (0-20 баллов за каждый).

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

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

Шкала перевода баллов в оценки:

- менее 91 балла — «неудовлетворительно»;
- от 91 до 110 баллов — «удовлетворительно»;
- от 111 до 135 баллов — «хорошо»;
- от 136 до 150 баллов — «отлично».

Студенты, получившие высокие баллы (15 баллов и выше) за коллоквиумы №1, 2, освобождаются от экзаменационных вопросов блоков №1, 2.

4. Содержание дисциплины

4.1. Тематический план дисциплины

Таблица 3

№ п/п	Наименование тем и/или разделов	Объем дисциплины, час.				
		Всего	Виды аудиторной работы (академические часы)			Консульта ции и иная контактная работа
			Лекции	Практические занятия	Лабораторные/ практические занятия по подгруппам	
1	2	3	4	5	6	7
1.	Основы нефтегазовой отрасли	10	2	2	0	0
2.	Характеристика нефти и газа	8	2	2	0	0
3.	Поиск и разведка нефтяных и газовых месторождений	8	2	2	0	0
4.	Бурение нефтяных и газовых скважин	18	4	6	0	0
5.	Добыча нефти и газа	14	2	4	0	0
6.	Методы воздействия на нефтяные пласты и призабойную зону	8	2	0	0	0
7.	Разработка нефтегазовых месторождений	14	0	6	0	0
8.	Эксплуатация нефтяных и газовых скважин	8	2	0	0	0
9.	Системы сбора и подготовки нефти	12	2	4	0	0
10.	Системы сбора и подготовки газа	12	2	4	0	0
11.	Переработка нефти и газа	18	4	6	0	0
12.	Магистральные нефтепроводы	12	4	4	0	0
13.	Магистральные газопроводы	12	2	4	0	0
14.	Хранение и распределение нефтепродуктов	12	2	4	0	0
15.	Хранение и распределение газа	12	2	4	0	0
	Экзамен	2	0	0	0	2
	Итого (часов)	180	34	52	0	2

4.2. Содержание дисциплины по темам

1. «Основы нефтегазовой отрасли»

- Теории происхождения природных углеводородов.
- Роль углеводородного сырья в современной цивилизации.
- Основные нефтегазодобывающие районы.
- Перспективы развития нефтегазового комплекса в России и в мире.

На практическом занятии проводится деловая командная игра под названием «Основы нефтегазовой отрасли», которая позволяет оценить базовые знания обучающихся о нефтегазодобывающей промышленности.

2. «Характеристика нефти и газа»

- Физические свойства нефти и газа.
- Теплофизические свойства нефти и газа.
- Состав нефти и газа.
- Классификация нефти и газа.

Решение задач на практических занятиях по темам:

- Физические свойства нефти и газа.
- Теплофизические свойства нефти и газа.

3. «Поиск и разведка нефтяных и газовых месторождений»

- Проблемы поиска нефтяных и газовых месторождений.
- Геологические методы поиска и разведки нефтяных и газовых месторождений.
- Геофизические методы поиска и разведки нефтяных и газовых месторождений.
- Гидрогеохимические методы поиска и разведки нефтяных и газовых

месторождений.

- Этапы поисково-разведочных работ.

Решение задач на практических занятиях по теме: «Поиск нефтяных и газовых месторождений».

4. «Бурение нефтяных и газовых скважин»

- Понятие о скважине.
- Классификация способов бурения.
- Буровые установки, оборудование и инструмент.
- Цикл строительства скважины.
- Промывка скважин.
- Осложнения, возникающие при бурении.
- Наклонно направленные скважины.
- Сверхглубокие скважины.
- Бурение скважин на море.

На практических занятиях проводится решение задач по теме «Бурение нефтяных и газовых скважин», а также просмотр и обсуждение учебного фильма «Строительство скважин», состоящий из двух частей.

5. «Добыча нефти и газа»

- Геолого-промысловая характеристика продуктивных пластов.
- Условия залегания нефти, газа и воды в продуктивных пластах.
- Силы, действующие в продуктивном пласте.
- Режимы работы залежей.

На практических занятиях проводится коллоквиум № 1 в формате собеседования обучающегося с преподавателем по предложенным вопросам.

Вопросы для подготовки к коллоквиуму №1:

1. Теории происхождения природных углеводородов.
2. Роль нефти в жизни человека.
3. Роль природного газа в жизни человека.
4. Нефть и газ, их состав и свойства.
5. Проблемы поиска нефтяных и газовых месторождений.
6. Геологические методы поиска и разведки нефтяных и газовых месторождений.
7. Геофизические методы поиска и разведки нефтяных и газовых месторождений.
8. Гидрогеохимические методы поиска и разведки нефтяных и газовых месторождений.
9. Этапы поисково-разведочных работ.
10. Понятие о буровой скважине. Конструкция скважины.
11. Классификация способов бурения.
12. Цикл строительства скважины.
13. Промывка скважин.
14. Осложнения, возникающие при бурении.
15. Наклонно направленные скважины.
16. Сверхглубокие скважины.
17. Бурение скважин на море.

6. «Методы воздействия на нефтяные пласты и призабойную зону»

- Методы поддержания пластового давления.
- Методы повышения проницаемости пласта и призабойной зоны.
- Методы повышения нефтеотдачи и газоотдачи пластов.

7. «Разработка нефтегазовых месторождений»

Решение задач по темам:

- Разработка нефтяных месторождений при естественных режимах.
- Разработка нефтяных месторождений с использованием заводнения.
- Разработка нефтегазовых месторождений.
- Тепловые методы разработки нефтяных месторождений.
- Физико-химические методы разработки нефтяных месторождений.
- Геолого-экономическая оценка месторождений нефти и газа.

8. «Эксплуатация нефтяных и газовых скважин»

- Способы эксплуатации скважин.
- Оборудование забоя скважин.
- Оборудование ствола скважин.
- Оборудование устья скважин.
- Одновременная раздельная эксплуатация нескольких пластов одной скважиной.

9. «Системы сбора и подготовки нефти»

- Системы сбора нефти на промыслах.
- Дегазация нефти.
- Обезвоживание нефти.
- Обессоливание нефти.
- Стабилизация нефти.
- Установка комплексной подготовки нефти.

Решение задач на практических занятиях по теме «Сбор и подготовка нефти».

10. «Системы сбора и подготовки газа»

- Системы промыслового сбора природного газа.
- Очистка газа от механических примесей.

- Осушка газа.
- Очистка газа от сероводорода.
- Очистка газа от углекислого газа.

Решение задач на практических занятиях по теме «Сбор и подготовка газа».

11. «Переработка нефти и газа»

- Продукты переработки нефти.
- Подготовка нефти к переработке.
- Первичная переработка нефти.
- Вторичная переработка нефти.
- Очистка нефтепродуктов.
- Производство нефтехимического сырья.
- Исходное сырье и продукты переработки газов.
- Компрессионный метод отбензинивания газов.
- Абсорбционный метод отбензинивания газов.
- Адсорбционный метод отбензинивания газов.
- Конденсационный метод отбензинивания газов.

Решение задач на одном практическом занятии по теме «Переработка нефти и газа».

Также на практических занятиях проводится коллоквиум № 2 в формате собеседования обучающегося с преподавателем по предложенным вопросам.

Вопросы для подготовки к коллоквиуму №2:

1. Понятие о нефтяных залежах.
2. Пористость и проницаемость горных пород.
3. Температура в горных породах и скважинах.
4. Пластовые давление и энергия.
5. Режимы эксплуатации залежей.
6. Методы поддержания пластового давления.
7. Методы повышения проницаемости пласта и призабойной зоны.
8. Методы повышения нефтеотдачи и газоотдачи пластов.
9. Принцип газлифтной эксплуатации нефтяных скважин.
10. Добыча нефти установками штанговых скважинных насосов.
11. Добыча нефти установками электроцентробежных насосов.
12. Системы сбора нефти на промыслах.
13. Дегазация нефти.
14. Обезвоживание нефти.
15. Обессоливание нефти.
16. Стабилизация нефти.
17. Установка комплексной подготовки нефти.
18. Системы промыслового сбора природного газа.
19. Очистка газа от механических примесей, сероводорода и углекислого газа.
20. Осушка газа.

12. «Магистральные нефтепроводы»

- Применение различных видов транспорта для транспортировки нефти и нефтепродуктов.
- Классификация нефтепроводов.
- Основные объекты и сооружения магистрального нефтепровода.
- Трубы для магистральных нефтепроводов.
- Средства защиты трубопроводов от коррозии.
- Насосно-силовое оборудование.

- Резервуары и резервуарные парки в системе магистральных нефтепроводов. Оборудование резервуаров.

- Системы перекачки. Перекачка высоковязких и высокозастывающих нефтей.
- Особенности трубопроводного транспорта нефтепродуктов.

Решение задач на практических занятиях по теме «Транспорт нефти и нефтепродуктов».

13. «Магистральные газопроводы»

- Применение различных видов транспорта для транспортировки газа.
- Классификация магистральных газопроводов.
- Основные объекты и сооружения магистрального газопровода.
- Газоперекачивающие агрегаты.
- Аппараты для охлаждения газа.
- Особенности трубопроводного транспорта сжиженных газов.

Решение задач на практических занятиях по теме «Транспорт природного газа».

14. «Хранение и распределение нефтепродуктов»

- Классификация нефтебаз.
- Операции, проводимые на нефтебазах.
- Объекты нефтебаз и их размещение.
- Резервуары нефтебаз.
- Насосы и насосные станции нефтебаз.
- Подземное хранение нефтепродуктов.

Решение задач на практических занятиях по теме «Хранение нефти и нефтепродуктов».

15. «Хранение и распределение газа»

- Хранение газа в газгольдерах.
- Подземные газохранилища.
- Газораспределительные сети.
- Газорегуляторные пункты.
- Хранилища сжиженных углеводородных газов.

Решение задач на практических занятиях по теме «Хранение и распределение газа».

5. Учебно-методическое обеспечение и планирование самостоятельной работы обучающихся

Таблица 4

№ темы	Темы	Формы СРС, включая требования к подготовке к занятиям
1	Основы нефтегазовой отрасли	Чтение основной и дополнительной литературы, проработка лекций
2	Характеристика нефти и газа	Чтение основной и дополнительной литературы, проработка лекций
3	Поиск и разведка нефтяных и газовых месторождений	Чтение основной и дополнительной литературы, проработка лекций
4	Бурение нефтяных и газовых скважин	Чтение основной и дополнительной литературы, проработка лекций
5	Добыча нефти и газа	Чтение основной и дополнительной литературы
6	Методы воздействия на нефтяные пласты и призабойную зону	Чтение основной и дополнительной литературы
7	Разработка нефтегазовых месторождений	Чтение основной и дополнительной литературы, проработка лекций

8	Эксплуатация нефтяных и газовых скважин	Чтение основной и дополнительной литературы
9	Системы сбора и подготовки нефти	Чтение основной и дополнительной литературы, проработка лекций
10	Системы сбора и подготовки газа	Чтение основной и дополнительной литературы, проработка лекций
11	Переработка нефти и газа	Чтение основной и дополнительной литературы, проработка лекций
12	Магистральные нефтепроводы	Чтение основной и дополнительной литературы, проработка лекций
13	Магистральные газопроводы	Чтение основной и дополнительной литературы, проработка лекций
14	Хранение и распределение нефтепродуктов	Чтение основной и дополнительной литературы, проработка лекций
15	Хранение и распределение газа	Чтение основной и дополнительной литературы, проработка лекций

6. Промежуточная аттестация по дисциплине

6.1. Оценочные материалы для проведения промежуточной аттестации по дисциплине

Экзамен проводится в устно-письменной форме. Экзамен включает письменную часть — ответ по экзаменационному билету. Устная часть экзамена оценивает полученные знания по дисциплине путем собеседования с преподавателем по письменному ответу на вопросы экзаменационного билета.

Вопросы для подготовки к экзамену:

БЛОК 1:

1. Теории происхождения природных углеводородов.
2. Роль нефти в жизни человека.
3. Роль природного газа в жизни человека.
4. Нефть и газ, их состав и свойства.
5. Проблемы поиска нефтяных и газовых месторождений.
6. Геологические методы поиска и разведки нефтяных и газовых месторождений.
7. Геофизические методы поиска и разведки нефтяных и газовых месторождений.
8. Гидрогеохимические методы поиска и разведки нефтяных и газовых месторождений.
9. Этапы поисково-разведочных работ.
10. Понятие о буровой скважине. Конструкция скважины.
11. Классификация способов бурения.
12. Цикл строительства скважины.
13. Промывка скважин.
14. Осложнения, возникающие при бурении.
15. Наклонно направленные скважины.
16. Сверхглубокие скважины.
17. Бурение скважин на море.

БЛОК 2:

1. Понятие о нефтяных залежах.
2. Пористость и проницаемость горных пород.
3. Температура в горных породах и скважинах.
4. Пластовые давление и энергия.
5. Режимы эксплуатации залежей.
6. Методы поддержания пластового давления.

7. Методы повышения проницаемости пласта и призабойной зоны.
8. Методы повышения нефтеотдачи и газоотдачи пластов.
9. Принцип газлифтной эксплуатации нефтяных скважин.
10. Добыча нефти установками штанговых скважинных насосов.
11. Добыча нефти установками электроцентробежных насосов.
12. Системы сбора нефти на промыслах.
13. Дегазация нефти.
14. Обезвоживание нефти.
15. Обессоливание нефти.
16. Стабилизация нефти.
17. Установка комплексной подготовки нефти.
18. Системы промыслового сбора природного газа.
19. Очистка газа от механических примесей, сероводорода и углекислого газа.
20. Осушка газа.

БЛОК 3:

1. Продукты переработки нефти. Переработка нефти.
2. Исходное сырье и продукты переработки газов.
3. Компрессионный метод отбензинивания газов.
4. Абсорбционный метод отбензинивания газов.
5. Адсорбционный метод отбензинивания газов.
6. Конденсационный метод отбензинивания газов.
7. Применение различных видов транспорта для транспортировки нефти и нефтепродуктов.
8. Классификация нефтепроводов. Основные объекты и сооружения магистрального нефтепровода.
9. Насосно-силовое оборудование.
10. Резервуары и резервуарные парки в системе магистральных нефтепроводов. Оборудование резервуаров.
11. Системы перекачки. Перекачка высоковязких и высокостывающих нефтей.
12. Применение различных видов транспорта для транспортировки газа.
13. Классификация магистральных газопроводов. Основные объекты и сооружения магистрального газопровода.
14. Газоперекачивающие агрегаты.
15. Аппараты для охлаждения газа.
16. Нефтебазы: классификация, операции, объекты и их размещение.
17. Подземное хранение нефтепродуктов.
18. Хранение газа в газгольдерах.
19. Подземные газохранилища.
20. Газораспределительные сети.
21. Газорегуляторные пункты.
22. Хранилища сжиженных углеводородных газов.

6.2. Критерии оценивания компетенций:

Таблица 5

Карта критериев оценивания компетенций

№ п/п	Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенций, соотнесенные с планируемыми результатами обучения	Оценочные материалы	Критерии оценивания
1	ПК-2: способен применять методы аналитических исследований в соответствующей области знаний	<p>Пороговый уровень освоения ОП (удовл.): <i>Знает:</i> отдельные технологии разработки и эксплуатации месторождений на основе изучения отечественной литературы; стандартизованные методы и рекомендации по практическим расчетам характеристик и условий разработки и эксплуатации месторождений; отечественную литературу по экспериментальным исследованиям. <i>Умеет:</i> выполнять ручную или с помощью программных средств простые расчетные исследования отдельных частей модельных идеализированных систем пласт – скважина – надземный трубопровод – оборудование сбора очистки и подготовки в соответствии с действующим ГОСТ и ОСТ, направленные на получение численного результата. Базовый уровень (хор.): <i>Знает:</i> основы большинства процессов и технологий, внедренных в отечественной и зарубежной практике; традиционные и новаторские решения, действующие в настоящее время, описанные в отечественной и зарубежной литературе; стандартизованные (ГОСТ, ОСТ) методы и рекомендации по практическим расчетам; отечественную литературу по экспериментальным исследованиям.</p>	Деловая игра, коллоквиум	<p>Активность во время деловой игры и практических занятий. Правильность и оригинальность принятых решений во время деловой игры. Правильность сформулированных выводов. Правильность и полнота устных и письменных ответов на вопросы коллоквиума. Количество ссылок на источники в ходе ответа. Демонстрация причинно-следственных связей. Приведение практических примеров при ответе.</p>

		<p>Умеет: выполнять вручную или с помощью программных средств простые и сложные расчетные исследования отдельных частей модельных идеализированных систем пласт – скважина – надземный трубопровод – оборудование сбора очистки и подготовки в соответствии с действующим ГОСТ и ОСТ, направленные на получение численного результата.</p> <p>Повышенный уровень (отл.): Знает: сущность и принципы процессов и технологий, внедренных в отечественной и зарубежной практике, «технологии будущего», инновационные решения в нефтегазовой области; принятые в отечественной и зарубежной практике методы расчетов; отечественную и зарубежную литературу по экспериментальным исследованиям.</p> <p>Умеет: выполнять вручную или с помощью программных средств сложные расчетные исследования отдельных частей или в совокупности систем пласт – скважина – надземный трубопровод – оборудование сбора очистки и подготовки по отечественным и зарубежным методикам.</p>		
--	--	---	--	--

7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

7.1. Основная литература:

1. Серебряков, О.И. Гидрогеология нефти и газа: учебник / О.И. Серебряков, Л.Ф. Ушивцева, Т.С. Смирнова. — М.: Альфа-М: ИНФРА-М, 2020. — 249 с. — Режим доступа: <https://znanium.com/catalog/product/1059222> (дата обращения: 14.05.2021).

2. Снарев, А.И. Снарев, А.И. Выбор и расчет оборудования для добычи нефти : учеб. пособие / А.И. Снарев. - Москва ; Вологда : Инфра-Инженерия, 2019. - 216 с. - ISBN 978-5-9729-0323-8. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1049189> (дата обращения: 14.05.2021).

3. Квеско, Б. Б. Основы геофизических методов исследования нефтяных и газовых скважин : учебное пособие / Б. Б. Квеско, Н. Г. Квеско, В. П. Меркулов. - 2-е изд., доп. - Москва ; Вологда : Инфра-Инженерия, 2020. - 228 с. - ISBN 978-5-9729-0465-5. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1168498> (дата обращения: 14.05.2021).

7.2. Дополнительная литература:

1. Керимов, В.Ю. Проектирование поисково-разведочных работ на нефть и газ: учебное пособие / В.Ю. Керимов, Р.Н. Мустаев, У.С. Серикова. — М.: ИНФРА-М, 2020. — 200 с. — Режим доступа: <https://znanium.com/catalog/product/1059223> (дата обращения: 14.05.2021).

2. Квеско, Б.Б. Методы и технологии поддержания пластового давления: Учебное пособие / Б.Б. Квеско. — Вологда: Инфра-Инженерия, 2018. — 128 с. — Режим доступа: <https://znanium.com/catalog/product/989181> (дата обращения: 14.05.2021).

3. Заливин, В.Г. Аварийные ситуации в бурении на нефть и газ: учебное пособие / В.Г. Заливин, А.Г. Вахромеев — Вологда: Инфра-Инженерия, 2018. — 508 с. — Режим доступа: <https://znanium.com/catalog/product/989155> (дата обращения: 14.05.2021).

4. Трофимов, Д.М. Методы дистанционного зондирования при разведке и разработке месторождений нефти и газа: учебное пособие / Д.М. Трофимов, М.Д. Каргер, М.К. Шуваева. — М.: Инфра-Инженерия, 2015. — 80 с. — Режим доступа: <https://znanium.com/catalog/product/520280> (дата обращения: 14.05.2021).

5. Арбузов, В.Н. Сборник задач по технологии добычи нефти и газа в осложненных условиях: практикум / В.Н. Арбузов, Е.В. Курганова — Томск: Издательство ТПУ, 2015. — 68 с. — Режим доступа: <https://znanium.com/catalog/product/672983> (дата обращения: 14.05.2021).

6. Эксплуатация оборудования и объектов газовой промышленности : учеб. пособие / под ред. Ю.Д. Земенкова. - Москва ; Вологда : Инфра-Инженерия, 2019. - 608 с. - ISBN 978-5-9729-0315-3. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1049204> (дата обращения: 14.05.2021).

7. Пушмин, П.С. Эксплуатация транспортного оборудования / П.С. Пушмин, В.В. Нескоромных, С.О. Леонов — Красноярск: СФУ, 2014. — 192 с. — Режим доступа: <https://znanium.com/catalog/product/549434> (дата обращения: 14.05.2021).

8. Нескоромных, В.В. Направленное бурение и основы кернометрии: учебник / В.В. Нескоромных. — 2-е изд. — М.: ИНФРА-М; Красноярск: Сиб. федер. ун-т, 2019. — 336 с. — Режим доступа: <https://znanium.com/catalog/product/1009255> (дата обращения: 14.05.2021).

9. Нескоромных, В.В. Направленное бурение нефтяных и газовых скважин: учебник / В.В. Нескоромных. — М.: ИНФРА-М, 2020. — 347 с. Режим доступа: <https://znanium.com/catalog/product/1040341> (дата обращения: 14.05.2021).

7.3. Интернет-ресурсы:

—

7.4. Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы:

1. eLIBRARY – научная библиотека (г. Москва). — <http://elibrary.ru>
2. Отраслевая электронная библиотека OnePetro. — <https://www.onepetro.org/>

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

- Лицензионное ПО, в том числе отечественного производства:
платформа для электронного обучения Microsoft Teams

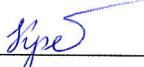
9. Технические средства и материально-техническое обеспечение дисциплины

Для проведения лекционных занятий необходима мультимедийная учебная аудитория, оснащенная учебной мебелью, доской аудиторной, мультимедийным проекционным и акустическим оборудованием и персональным компьютером с проводным подключением к локальной сети и сети Интернет.

Для проведения практических занятий необходима учебная аудитория, оснащенная учебной мебелью и большой аудиторной доской (магнитной маркерной или магнитной меловой).

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«ТЮМЕНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

УТВЕРЖДАЮ
Заместитель директора
Физико-технического института
по учебной работе


С.А. Креков
« 23 » 06. 2021 г.

ТЕПЛОФИЗИКА

Рабочая программа дисциплины
для обучающихся по направлению подготовки
16.03.01 Техническая физика
Профиль: Техническая физика в нефтегазовых технологиях
форма обучения: очная

Шастунова Ульяна Юрьевна. Теплофизика. Рабочая программа дисциплины для обучающихся по направлению подготовки 16.03.01 Техническая физика, профиль Техническая физика в нефтегазовых технологиях, форма обучения очная. Тюмень, 2021.

Рабочая программа дисциплины опубликована на сайте ТюмГУ:
<https://www.utmn.ru/sveden/education/#>.

1. Пояснительная записка

Программа предназначена для подготовки бакалавров по направлению 16.03.01 Техническая физика. Курс «Теплофизика», читаемый в 5 семестре, представляет собой один из узконаправленных разделов курса «Молекулярная физика».

Основной формой изложения материала курса являются лекции. Как правило, на лекции выносятся 85% – 95% материала, изложенного в программе курса. Остальные 5% – 15% материала выносятся для самостоятельного изучения студентами с непременно сообщением им литературных источников и методических разработок.

Наиболее важные разделы программы курса выносятся на практические занятия. Как правило, на них рассматривают фрагменты теории, требующие сложных математических выкладок, различные методы решения задач и наиболее типичные задачи. Для закрепления материала, рассматриваемого на семинарах, студенты получают домашние задания в виде ряда задач из соответствующих задачников.

Цель дисциплины «Теплофизика» заключается в том, чтобы ознакомить студентов с основными проблемами современной теплофизики, с теплофизическими процессами спецпроизводств и подготовить студентов к изучению спецкурсов, расчету проектов.

Задачи дисциплины:

- овладение студентами аналитических методов решения задач теплопроводности при различных граничных условиях, конвективного теплопереноса, по процессам переноса тепла при кипении и конденсации среды;
- познакомить студентов с основными положениями теории конвективного теплопереноса, дать представления для решения задач по свободной и вынужденной конвекции, рассмотреть особенности процессов переноса в турбулентном потоке;
- познакомить студентов с уравнениями пограничного слоя (гидродинамического, теплового, диффузионного);
- познакомить студентов с основными понятиями и модельными представлениями о кипении и конденсации среды;
- изучить методы расчета сложного теплообмена, в том числе при изменении агрегатного состояния вещества;
- ознакомление студента с устройством и процессами, происходящими в теплопередающих устройствах – тепловых трубах, теплообменных аппаратах.

1.1. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Теплофизика» – это дисциплина, которая входит в блок Б1 Дисциплины (модули), часть, формируемая участниками образовательных отношений. Для изучения дисциплины необходимы знания и умения, полученные в усвоенных ранее курсах «Молекулярная физика», «Механика», «Математический анализ», «Высшая математика», «Линейная алгебра и аналитическая геометрия», «Теоретическая и прикладная механика».

1.2. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения данной дисциплины

Таблица 1

Код и наименование компетенции (из ФГОС ВО)	Код и наименование части компетенции	Планируемые результаты обучения (знаниевые/функциональные)
ПК-2: способен применять методы аналитических исследований в соответствующей области знаний	–	<p>Знает:</p> <ul style="list-style-type: none"> • физические основы теплопереноса; • основные методы дифференциального и интегрального исчислений, применяемые при решении задач теплопереноса; • элементы математической теории нестационарного теплопереноса и теории фильтрации; • решение важнейших стационарных задач теплообмена; • методы измерения теплофизических параметров вещества; • основные положения конвективного, лучистого переноса; • физико-математические основы теплообмена при конденсации и кипении. <p>Умеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> • применять методы дифференциального и интегрального исчислений при решении задач стационарного и нестационарного теплопереноса; • получать расчетные формулы для расчёта теплопереноса в различных процессах движения жидкости и газов в пористой среде; • применять методы решения задач с фазовыми переходами; • применять методы измерения теплофизических параметров вещества; • применять методы анализа теплопереноса в технологических процессах; • применять методы расчета температурных полей и тепловых потоков; • уменьшать потери тепла при эксплуатации промышленных объектов.

2. Структура и объем дисциплины

Таблица 2

Вид учебной работы		Всего часов (академических часов)	Часов в семестре (академических часов)
			5 семестр
Общий объем	зач. ед.	5	5
	час	180	180
Из них:			
Часы контактной работы (всего):		80	80
Лекции		34	34
Практические занятия		44	44
Лабораторные / практические занятия по подгруппам		0	0
Консультации и иная контактная работа		2	2
Часы внеаудиторной работы, включая самостоятельную работу обучающегося		100	100
Вид промежуточной аттестации			Экзамен

3. Система оценивания

3.1. На учебных занятиях оценивается работа студентов на лекциях (0-1 балл за занятие) и работа в аудитории на практических занятиях (0-5 баллов за занятие). На практических занятиях студенты могут получить баллы за активный диалог с преподавателем по обсуждению темы семинара или за решение задач у доски, выполнение групповых проектов (заданий).

При выполнении контрольных точек (контрольная работа) студенту предоставляется вариант с задачами (от 2 до 6 задач в зависимости от темы, а также в зависимости от уровня группы). Работа оформляется на отдельных листах, выданных преподавателем, и должна содержать подробное решение всех заданий. Преподаватель имеет право заменить тексты задач, предложенных в Оценочных материалах по дисциплине, в связи с неактуальностью формулировок.

Групповые проекты могут представлять собой решение производственной задачи, требующей большого ресурса, поэтому для выполнения поставленной задачи в рамках одной учебной встречи студенты объединяются в группы.

Форма промежуточной аттестации по дисциплине – экзамен. Экзамен возможно получить автоматически при усвоении:

65% материала – "удовлетворительно" (количество баллов, полученных при усвоении дисциплины на учебных встречах в семестре – 65);

80% материала – "хорошо" (количество баллов, полученных при усвоении дисциплины на учебных встречах в семестре – 80).

Если студент претендует на отметку "отлично", то он сдает экзамен в устной форме.

Обязательным условием сдачи экзамена на "отлично" — это написание контрольных работ на максимальное количество баллов и коллоквиум.

Студент, не посещавший 50% семинаров, к экзамену не допускается. В ведомость автоматически проставляется "неудовлетворительно".

4. Содержание дисциплины

4.1. Тематический план дисциплины

Таблица 3

№ п/п	Наименование тем и/или разделов	Объем дисциплины, час.				
		Всего	Виды аудиторной работы (академические часы)			Консультации и иная контактная работа
			Лекции	Практические занятия	Лабораторные/практические занятия по подгруппам	
1	2	3	4	5	6	7
1.	Термодинамика.	9	2	2	0	0
2.	Термодинамические процессы.	14	2	4	0	0
3.	Водяной пар.	9	2	2	0	0
4.	Термодинамические процессы с водяным паром, применение энтропийных диаграмм.	14	2	4	0	0
5.	Истечение жидкостей, паров и газов. Режимы истечения.	9	2	2	0	0
6.	Тепломассообмен. Основные понятия и законы переноса теплоты.	14	2	4	0	0
7.	Фундаментальное решение уравнения теплопроводности и его физический смысл.	9	2	2	0	0
8.	Основные положения теории конвективного переноса. Особенности процессов переноса в турбулентном потоке.	4	2	0	0	0
9.	Использование теории подобия для расчета процессов переноса теплоты и вещества.	14	2	4	0	0
10.	Уравнение пограничного слоя.	9	2	2	0	0
11.	Теплообмен при течении жидкости через пористую стенку.	9	2	2	0	0

12.	Лучистый теплообмен.	14	2	4	0	0
13.	Параметры и структура потока при кипении жидкостей в трубах.	4	2	0	0	0
14.	Теплопередача при пузырьковом режиме кипения.	14	2	4	0	0
15.	Теплообмен при конденсации чистого пара.	9	2	2	0	0
16.	Теплообмен при пленочной конденсации неподвижного пара.	14	2	4	0	0
17.	Диффузия с поверхности.	9	2	2	0	0
18.	Зачет	2	0	0	0	2
	Итого (часов)	180	34	44	0	2

4.2. Содержание дисциплины по темам

План лекционных занятий:

Тема 1. Термодинамика.

Принцип построения термодинамики. Термодинамическая система и рабочее тело. Параметры состояния. Уравнения состояния. pZ -диаграмма. Первое начало (первый закон) термодинамики. Первое начало (первый закон) термодинамики. Внутренняя энергия и внешняя работа. Энтальпия. Техническая работа при движении потока газа (уравнение первого закона термодинамики для потока).

Тема 2. Термодинамические процессы.

Понятие политропного процесса, как наиболее общего вида процессов. Частные случаи: изохорный, изобарный, изотермический, адиабатный процесс.

Тема 3. Водяной пар.

Понятие двухфазной системы, водяной пар, его виды и основные характеристики. Особенности термодинамики двухфазных систем, области применения таких систем, понятия степени сухости, влажности (абсолютной и относительной), влагосодержания. Энтальпия и энтропия двухфазных систем, диаграммы состояния. Сухой насыщенный, влажный и перегретый пар, внутренняя и внешняя теплота парообразования, энтальпия, энтропия и внутренняя энергия пара, таблицы и диаграммы состояния пара. Влажный воздух и его характеристики, энтальпийные диаграммы. Абсолютная и относительная влажность, парциальное давление водяного пара, влагосодержание, степень насыщения, точка росы, плотность и энтальпия влажного воздуха. Энтальпийная диаграмма Рамзина, процессы сушки.

Тема 4. Термодинамические процессы с водяным паром, применение энтропийных диаграмм.

Особенности процессов с влажным паром, переход через линию пограничной кривой. Изохорный, изобарный, изотермический, адиабатный (изоэнтропный) процессы.

Тема 5. Истечение жидкостей, паров и газов. Режимы истечения.

Конфузоры и диффузоры, сопло Лавала. Вывод уравнения скорости истечения для несжимаемых и сжимаемых жидкостей. Понятие массовой скорости и расхода. Докритический (дозвуковой), критический (звуковой) и закритический (сверхзвуковой) режимы истечения. Истечение с учетом сопротивлений, дросселирование. Виды сопел.

Тема 6. Тепломассообмен. Основные понятия и законы переноса теплоты.

Терминология. Предмет «Теплофизика». Способы переноса тепла: теплопроводность, конвекция, излучение. Поле температуры, понятие градиента температуры. Основные понятия и определения теплофизики (терминология): тепловой поток, плотность теплового потока, мощность внутренних источников теплоты, теплоноситель, теплообменник. Понятия теплоотдачи и теплопередачи: коэффициенты теплоотдачи и теплопередачи, температурный напор, местный температурный напор, средний логарифмический и средний интегральный температурный напоры, внешнее и общее термические сопротивления. Уравнение теплопроводности в неподвижной среде, в движущейся среде. Начальные и граничные условия. Одномерное уравнение теплопроводности для тонкого стержня или трубы с конвективным переносом тепла и с теплообменом на боковой поверхности.

Тема 7. Фундаментальное решение уравнения теплопроводности и его физический смысл.

Фундаментальное решение уравнения теплопроводности. Свойства. Температурное поле непрерывного неподвижного точечного источника в неограниченной среде. Функция ошибок Гаусса (функция $\text{erf}(x)$). Нестационарное одномерное температурное поле в неограниченной и полуограниченной среде. Температурное поле мгновенного плоского источника в неограниченной среде. Температурное поле непрерывного плоского источника. Нагрев полуограниченной среды постоянным потоком тепла. Изменение температуры в неограниченной среде. Нестационарное одномерное температурное поле в полуограниченной среде с заданной постоянной температурой на поверхности.

Тема 8. Основные положения теории конвективного переноса. Особенности процессов переноса в турбулентном потоке.

Движение вязкой жидкости. Режимы течения жидкости. Коэффициент трения. Уравнение неразрывности. Уравнение расхода. Характеристики турбулентного движения: характер турбулентного движения. Структура турбулентного движения. Кинетическая энергия. Правила осреднения турбулентных величин. Уравнения сохранения для турбулентного движения: уравнение неразрывности, уравнение движения. Уравнение теплоты вещества: уравнение теплопроводности, диффузии для турбулентного потока.

Тема 9. Использование теории подобия для расчета процессов переноса теплоты и вещества.

Использование теории подобия для расчета процессов переноса теплоты и вещества. Теория подобия. Пи-теорема размерности. Константы подобия. Основные критерии подобия: критерий гомохронности, Рейнольдса, Грасгофа, Эйлера, Фруда, Галилея, Архимеда, Нуссельта, Прандтля, Пекле, Фурье, Стентона, Био, критерий фазового перехода. Критериальные уравнения свободной и вынужденной конвекции.

Тема 10. Уравнение пограничного слоя.

Гидродинамический пограничный слой. Уравнение Кармана. Размеры ламинарного пограничного слоя. Турбулентный пограничный слой при обтекании плоской поверхности. Профиль скорости. Толщина пограничного слоя. Ламинарный подслой. Пограничный слой при внутреннем течении. Формула Никурадзе. Тепловой пограничный слой. Аналогия процессов переноса теплоты и количества движения. Связь между вязкостным трением и теплоотдачей (ламинарный, турбулентный слои). Аналогия Рейнольдса. Приближенное соотношение между гидродинамическим и тепловым пограничными слоями. Диффузионный пограничный слой. Интегральное уравнение энергии в ламинарном пограничном слое.

Тема 11. Теплообмен при течении жидкости через пористую стенку.

Тепловой поток и температурное поле в жидкости, движущейся через пористую стенку. Теплообмен при течении жидкости через пористую стенку. Тепловой поток и температурное поле в жидкости, движущейся между двумя пористыми поверхностями.

Тема 12. Лучистый теплообмен.

Основные положения (определения, степень черноты). Основные закономерности теплового излучения. Определение температуры излучающих тел. Лучистый теплообмен

между твердыми телами. Лучистый теплообмен между телами, образующими замкнутую систему. Экранирование тел. Лучистый теплообмен в газовых средах. Особенности излучения газов. Теплообмен между газом и оболочкой. Сложный теплообмен.

Тема 13. Параметры и структура потока при кипении жидкостей в трубах.

Параметры и структура потока при кипении жидкостей в трубах. Теплоотдача при пузырьковом и пленочном режимах жидкости. Кризисы теплообмена. Испарение.

Тема 14. Теплопередача при пузырьковом режиме кипения.

Безразмерный коэффициент теплопередачи – число Нуссельта от нагретой стенки к кипящей жидкости. Теплоотдача при пленочном режиме кипения жидкости.

Тема 15. Теплообмен при конденсации чистого пара.

Виды конденсации. Равновесие капли конденсата на поверхности. Режимы течения конденсата при стекании пленки конденсата. Теплообмен при ламинарном и турбулентном режимах стекания конденсата на вертикальной стенке.

Тема 16. Теплообмен при пленочной конденсации неподвижного пара.

Конденсация пара на горизонтальных и наклонных трубах. Теплообмен при пленочной, капельной конденсации пара в трубах.

Тема 17. Диффузия с поверхности.

Диффузия с поверхности. Вывод исходных соотношений. Диффузионный поток теплоты. Температура поверхности при испарении. Испарение воды в воздух. Влажный воздух. Испарение воды. Стационарное испарение капли. Испарение неподвижной капли. Испарение капли при вынужденной конвекции.

План практических занятий:

1. Параметры состояния тела. Идеальные газы и основные газовые законы.
2. Газовые смеси. Теплоемкость газа.
3. Первый закон термодинамики. Циклы.
4. Второй закон термодинамики. Энтальпия. Энтропия. Циклы.
5. Водяной пар.
6. Истечение.
7. Контрольная работа №1 «Термодинамика».
8. Физические аспекты процессов теплообмена. Способы переноса тепла: теплопроводность, конвекция, излучение. Поле температуры, понятие градиента температуры. Основные понятия и определения теплофизики (терминология): тепловой поток, плотность теплового потока, мощность внутренних источников теплоты, теплоноситель, теплообменник. Понятия теплоотдачи и теплопередачи: коэффициенты теплоотдачи и теплопередачи, температурный напор, местный температурный напор, средний логарифмический и средний интегральный температурный напоры, внешнее и общее термические сопротивления.
9. Стационарное поле плоской, цилиндрической стенок. Плотность теплового потока, закон Фурье. Закон Био-Фурье. Коэффициент теплопроводности. Некоторые теории и экспериментальные данные по определению коэффициента теплопроводности для различных веществ. Коэффициент теплопроводности газов. Коэффициент теплопроводности жидкостей.
10. Стационарное поле шаровой стенки. Тепловой поток в проводнике с электрическим током.
11. Свободная конвекция в ограниченном пространстве.
12. Свободная конвекция в неограниченном пространстве.
13. Вынужденная конвекция в трубах и каналах.
14. Вынужденная конвекция поверхностей.
15. Лучистый теплообмен.
16. Контрольная работа №2 «Теплопроводность. Конвекция. Излучение».
17. Кипение.
18. Конденсация.

19. Испарение.
 20. Подготовка к контрольной работе.
 21. Контрольная работа №3 «Кипение. Конденсация».
 22. Коллоквиум. Вопросы к коллоквиуму составляется из пройденных лекционных тем.
- В билете содержится 2 вопроса: один из раздела «Термодинамика», другой – «Теплофизика». После получения билета, в течение 30-40 минут студенты пишут письменный ответ на билет. Отметка выставляется после личной беседы с преподавателем.

Пример контрольной работы №1 «Термодинамика»:

Вариант 1

1. Баллон с метаном емкостью 100 л находится под давлением 10 МПа при $t = 15^\circ\text{C}$. После израсходования части метана давление понизилось до 7 МПа, а температура упала до $t = 10^\circ\text{C}$. Определить массу израсходованного газа.

2. По данным анализа установлен следующий объемный состав природного газа: $\text{CH}_4 = 97.0\%$; $\text{C}_2\text{H}_6 = 2.0\%$; $\text{C}_3\text{H}_8 = 0.3\%$; $\text{C}_4\text{H}_{10} = 0.2\%$; $\text{CO}_4 = 0.1\%$; $\text{N}_2 = 0.4\%$. Определить среднюю молекулярную массу природного газа μ_m , плотность газа в нормальных условиях ρ , массовые концентрации компонентов m_i , их парциальные давления P_i ; средние теплоемкости C_{pm} , C_{vm} и показатель адиабаты k .

3. В газотурбинной установке за сутки ее работы на компрессорной станции сожжено $37 \cdot 10^3 \text{ м}^3$ природного газа, имеющего теплоту сгорания $Q_{HP} = 46000 \text{ кДж/кг}$. Определить среднюю мощность газотурбинной установки, если КПД ее составлял $\eta_t = 23\%$. Плотность природного газа в данном случае равна $\rho = 0,78 \text{ кг/м}^3$.

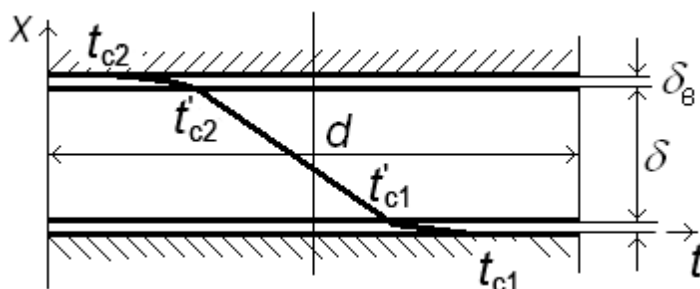
4. В компрессоре сжимается воздух (молекулярная масса $\mu = 28,96$) от начального состояния $P_1 = 0,102 \text{ МПа}$ и $t_1 = +15^\circ\text{C}$ до $P_2 = 0,408 \text{ МПа}$ и $t_2 = 184,3^\circ\text{C}$. Теплоемкость воздуха принимается равной $C_p = 1 \text{ кДж/кг}^\circ\text{C}$. Определить удельную потенциальную работу сжатия $w_{1,2}$, изменение энтальпии и полный теплообмен по балансу рабочего тела ($q_{1,2} = q_{1,2}^* + q_{1,2}^{**}$).

5. Перегретый пар по адиабате расширяется с давления $P_1 = 0,5 \text{ МПа}$ и температуры $t_1 = 250^\circ\text{C}$ до давления $P_2 = 0,05 \text{ МПа}$. Определить с помощью $i-s$ диаграммы параметры пара в начальной и конечной точках процесса, работу расширения, изменение внутренней энергии.

Пример контрольной работы №2 «Теплопроводность. Конвекция. Излучение»:

Задача 1

В приборе для определения коэффициента теплопроводности материалов между горячей и холодной поверхностями расположен образец из испытуемого материала. Образец представляет собой диск диаметром d , мм, и толщиной δ , мм. Температура горячей поверхности $t_{c1}, ^\circ\text{C}$, холодной $t_{c2}, ^\circ\text{C}$. Тепловой поток через образец после установления стационарного процесса Q , Вт. Благодаря защитным нагревателям радиальные потоки теплоты отсутствуют. Вследствие плохой пригонки между холодной и горячей поверхностями и образцом образовались воздушные зазоры толщиной δ_B , мм. Вычислить относительную ошибку в определении коэффициента теплопроводности, если при обработке результатов измерений не учитывать образовавшихся зазоров. Коэффициент теплопроводности воздуха в зазорах отнести к температурам соответствующих поверхностей.

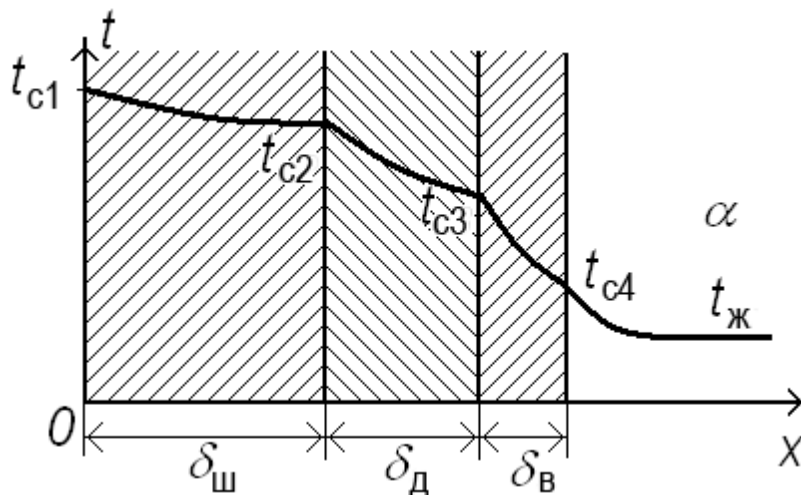


№ варианта	Числовые данные			№ варианта	Числовые данные		
	t_{c1}	$t_{ж}$	Q		d	δ	$\delta_{в}$
1	210	36	51,2	1	124	22	0,12
2	205	34	50,9	2	122	21	0,11
3	200	32	50,6	3	120	20	0,10

Задача 2

Определить потери тепла через плоскую стенку печи при стационарном режиме, если температура внутренней поверхности кладки t_{c1} , °С, а температура окружающей среды $t_{ж}$, °С. Толщина шамотной кладки $\delta_{ш}$, мм, толщина изоляционной кладки из диатомитового кирпича $\delta_{д}$, мм, и толщина изоляции из вермикулитовых плит $\delta_{в}$, мм. Определить температуры на границах слоев. Коэффициент теплопроводности шамотного кирпича $\lambda_{ш} = 0,838 + 0,00023 t$, Вт/(м·°С); диатомитового кирпича $\lambda_{д} = 0,161 + 0,00043 t$, Вт/(м·°С); вермикулитовых плит $\lambda_{в} = 0,081 + 0,00023 t$, Вт/(м·°С). Коэффициент теплоотдачи от вермикулитовых плит к окружающему воздуху α , Вт/(м²·°С).

Построить график распределения температуры в кладке печи.



№ варианта	Числовые данные			№ варианта	Числовые данные		
	t_{c1}	$t_{ж}$	α		$\delta_{ш}$	$\delta_{д}$	$\delta_{в}$
1	1200	0	12,5	1	230	115	50
2	1250	5	13,0	2	345	230	50
3	1300	10	13,5	3	460	345	50

Пример контрольной работы №3 «Кипение. Конденсация»:

Вариант 1

Задача 1. Определить коэффициент теплоотдачи от наружной поверхности трубки испарителя к кипящей воде, если тепловая нагрузка поверхности нагрева равна $q = 2 \cdot 10^5 \text{ Вт/м}^2$. Режим кипения пузырьковый и вода находится под давлением $p = 2 \cdot 10^5 \text{ Па}$.

Задача 2. Определить необходимую поверхность нагрева парогенератора производительностью 4 т/час, при $p = 15,7 \cdot 10^5 \text{ Па}$. Предполагаемый температурный напор 10°С.

Задача 3. В трубе внутренним диаметром 18 мм движется кипящая вода со скоростью 1 м/с. Вода находится под давлением $p = 8 \cdot 10^5 \text{ Па}$. Определить значение коэффициента от стенки к кипящей воде, если температура внутренней поверхности трубы равна 173°С.

Задача 4. На наружной поверхности горизонтальной трубы диаметром 20 мм и длиной 2 м конденсируется сухой насыщенный водяной пар при давлении 10^5 Па , температура

поверхности 94,5 °С. Определить средний коэффициент теплоотдачи от пара к трубе и количество пара, которое конденсируется на поверхности трубы.

5. Учебно-методическое обеспечение и планирование самостоятельной работы обучающихся

Таблица 4

№ темы	Темы	Формы СРС, включая требования к подготовке к занятиям
1.	Термодинамика.	Проработка лекций. Чтение основной и дополнительной литературы. Решение домашнего задания (решение задач).
2.	Термодинамические процессы.	Проработка лекций. Чтение основной и дополнительной литературы. Решение домашнего задания (решение задач).
3.	Водяной пар.	Проработка лекций. Чтение основной и дополнительной литературы. Решение домашнего задания (решение задач).
4.	Термодинамические процессы с водяным паром, применение энтропийных диаграмм.	Проработка лекций. Чтение основной и дополнительной литературы. Решение домашнего задания (решение задач).
5.	Истечение жидкостей, паров и газов. Режимы истечения.	Проработка лекций. Чтение основной и дополнительной литературы. Решение домашнего задания (решение задач).
6.	Тепломассообмен. Основные понятия и законы переноса теплоты.	Проработка лекций. Чтение основной и дополнительной литературы. Решение домашнего задания (решение задач).
7.	Фундаментальное решение уравнения теплопроводности и его физический смысл.	Проработка лекций. Чтение основной и дополнительной литературы. Решение домашнего задания (решение задач).
8.	Основные положения теории конвективного переноса. Особенности процессов переноса в турбулентном потоке.	Чтение основной и дополнительной литературы.
9.	Использование теории подобия для расчета процессов переноса теплоты и вещества.	Проработка лекций. Чтение основной и дополнительной литературы. Решение домашнего задания (решение задач).
10.	Уравнение пограничного слоя.	Проработка лекций. Чтение основной и дополнительной литературы. Решение домашнего задания (решение задач).
11.	Теплообмен при течении жидкости через пористую стенку.	Проработка лекций. Чтение основной и дополнительной литературы. Решение домашнего задания (решение задач).
12.	Лучистый теплообмен.	Проработка лекций. Чтение основной и дополнительной литературы. Решение домашнего задания (решение задач).
13.	Параметры и структура потока при кипении жидкостей в трубах.	Чтение основной и дополнительной литературы.
14.	Теплопередача при пузырьковом режиме кипения.	Проработка лекций. Чтение основной и дополнительной литературы. Решение домашнего задания (решение задач).

15.	Теплообмен при конденсации чистого пара.	Проработка лекций. Чтение основной и дополнительной литературы. Решение домашнего задания (решение задач).
16.	Теплообмен при пленочной конденсации неподвижного пара.	Проработка лекций. Чтение основной и дополнительной литературы. Решение домашнего задания (решение задач).
17.	Диффузия с поверхности.	Проработка лекций. Чтение основной и дополнительной литературы. Решение домашнего задания (решение задач).

6. Промежуточная аттестация по дисциплине

6.1. Оценочные материалы для проведения промежуточной аттестации по дисциплине

Экзамен проводится в устной форме по следующему алгоритму:

1. Решение задачи (10-15 минут); выдается 1 задача из текстов контрольных работ;
2. Письменный ответ на билет, содержащий два вопроса. Один вопрос – из темы «термодинамика», другой – «теплофизика» (30-40 минут);
3. Беседа с преподавателем на письменный ответ на билет (10-15 минут).

Ответы на экзаменационный билет оцениваются по следующим критериям:

"отлично" – студент дал полный ответ на теоретические вопросы, правильно решил задачу, продемонстрировал взаимосвязь теоретических основ теплофизики и практики;

"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 о теплофизической теории и применении их в практике, недостаточно владеет теоретическими основами, в ответах и решениях допускает ошибки, которые может исправить под руководством преподавателя;

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

Примерные вопросы для экзамена

Блок вопросов «Термодинамика»

1. Принцип построения термодинамики. Термодинамическая система и рабочее тело. Параметры состояния. Уравнения состояния. Первое начало (первый закон) термодинамики. Внутренняя энергия и внешняя работа.

2. Энтальпия.

3. Техническая работа при движении потока газа (равнение первого закона термодинамики для потока).

4. Политропный процесс, понятие показателя политропы.

5. Основные термодинамические процессы.

6. Второй закон термодинамики. Принцип существования и принцип возрастания энтропии.

7. Аналитическое выражение второго закона термодинамики. Формулировки второго закона термодинамики.

8. Объединенные уравнения первого и второго законов термодинамики. Третий закон термодинамики.

9. Понятие о двухфазной системе и ее характеристиках.

10. Пограничная кривая (бинодаль). Виды паров.

11. Степень сухости пара, процессы испарения и конденсации, их изображение на энтропийно-энтальпийных диаграммах.

12. Виды термодинамических процессов, их особенности в области влажного пара.

13. Использование энтропийных диаграмм для технических расчетов.

14. Влажный воздух и его характеристики.

15. Истечение несжимаемой жидкости.

16. Истечение газов, режимы истечения.
17. Диффузоры и конфузоры.
18. Сопло Лавала.
19. Истечение с учетом сопротивлений.

Блок вопросов «Теплофизика»

1. Основные понятия и общие закономерности процессов тепломассообмена. Виды тепломассообмена. Стационарные и нестационарные температурные поля. Закон Фурье. Коэффициенты тепло- и теплопроводности.
2. Уравнение теплопроводности. Классификация граничных условий.
3. Одномерное уравнение теплопроводности для тонкого стержня или трубы с конвективным переносом тепла и с теплообменом на боковой поверхности.
4. Стационарные температурные поля в пластине, в цилиндрической и сферической областях, в плоской и цилиндрической стенках при различных граничных условиях.
5. Фундаментальное решение уравнения теплопроводности и его физический смысл.
6. Температурное поле неподвижного непрерывного источника. Функция ошибок Гаусса.
7. Нестационарное одномерное температурное поле в неограниченной, полуограниченной и ограниченной среде.
8. Основные положения теории конвективного переноса. Движение вязкой жидкости: уравнение Навье-Стокса, уравнение неразрывности.
9. Уравнение Навье-Стокса. Режимы течения жидкости. Коэффициент трения. Уравнение неразрывности. Вывод. Уравнение расхода.
10. Особенности процессов переноса в турбулентном потоке. Характер, структура турбулентного движения. Правила осреднения турбулентных величин. Уравнения сохранения для турбулентного движения: уравнение неразрывности, уравнение Навье-Стокса (уравнение движения), уравнение теплопроводности, диффузии.
11. Использование теории подобия для расчета процессов переноса теплоты и вещества. Критериальные уравнения. Теория подобия. Числа Фурье, Пекле, Нуссельта, Био, Рейнольдса, Прандтля. Их физический смысл.
12. Использование теории подобия для расчета процессов переноса теплоты и вещества. Критериальные уравнения. Теория подобия. Теория подобия. Числа Грасгофа, Рэлея, Фруда, Струхала, Якоба, Стефана. Их физический смысл.
13. Динамический, тепловой и диффузионный пограничные слои. Система уравнений динамического и теплового пограничного слоя. Граничные условия при расчете пристенных течений с теплообменом.
14. Теплообмен при внешнем обтекании тел. Теплообмен при обтекании плоской поверхности. Теплообмен при поперечном обтекании одиночного цилиндра
15. Теплообмен при течении жидкости через пористую стенку. Тепловой поток и температурное поле в жидкости, движущейся через пористую стенку.
16. Теплообмен излучением. Основные положения (определения, степень черноты). Основные законы теплового излучения (закон Планка, закон смещения Вина, Стефана-Больцмана, Ламберта, Кирхгофа). Определение температуры излучающих тел.
17. Лучистый теплообмен между твердыми телами. Лучистый теплообмен между телами, образующими замкнутую систему. Экранирование тел.
18. Диффузия с поверхности. Вывод исходных соотношений. Диффузионный поток теплоты. Испарение неподвижной капли. Испарение капли при вынужденной конвекции.
19. Тепломассообмен при конденсации пара. Виды конденсации. Равновесие капли конденсата на поверхности.
20. Режимы течения конденсата при стекании пленки конденсата. Теплообмен при ламинарном и турбулентном режимах стекания конденсата на вертикальной стенке.
21. Конденсация пара на горизонтальных и наклонных трубах.

22. Теплообмен при пленочной, капельной конденсации пара в трубах.

23. Тепломассообмен при кипении. Параметры и структура потока при кипении жидкостей в трубах.

24. Теплоотдача при пузырьковом и пленочном режимах жидкости. Кризисы теплообмена.

6.2. Критерии оценивания компетенций:

Таблица 5

Карта критериев оценивания компетенций

№ п/п	Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенций, соотнесенные с планируемыми результатами обучения	Оценочные материалы	Критерии оценивания
1.	ПК-2: способен применять методы аналитических исследований в соответствующей области знаний	<p>Пороговый уровень (удовл.): Знает: физические основы тепломассопереноса. Умеет: применять инженерные формулы из источников информации при решении задач стационарного тепломассообмена.</p> <p>Базовый уровень (хор.): Знает: физические основы тепломассопереноса, решение важнейших стационарных задач; основные положения конвективного, лучистого переноса, тепломассообмена при конденсации и кипении. Умеет: применять методы при решении задач стационарного и нестационарного тепломассопереноса, в том числе используя источники научно-технической информации.</p> <p>Повышенный уровень (отл.): Знает: основные методы дифференциального и интегрального исчислений, применяемые при решении задач тепломассопереноса, физические основы тепломассопереноса, элементы математической теории нестационарного тепломассопереноса и теории фильтрации, решение важнейших стационарных задач тепломассообмена, методы измерения теплофизических параметров вещества, основные положения конвективного, лучистого переноса, тепломассообмена при конденсации и кипении.</p>	Решение задач на практических занятиях, контрольные работы, коллоквиум, экзамен	Правильность решения практических заданий (задач), заданных на дом и индивидуально. Экзамен: правильность ответов на вопросы, ссылки на дополнительные источники при ответе. Правильность решения задачи.

		<p>Умеет: применять методы дифференциального и интегрального исчислений при решении задач стационарного и нестационарного теплообмена, в том числе используя источники научно-технической литературы, получать расчетные формулы для различных процессов движения жидкости и газов в пористой среде, применять методы решения задач с фазовыми переходами.</p>		
--	--	---	--	--

7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

7.1. Основная литература:

Кудинов, А.А. Строительная теплофизика: учебное пособие / А.А. Кудинов. — Москва: ИНФРА-М, 2019. — 262 с. — (Высшее образование: Бакалавриат). — ISBN 978-5-16-005158-1. — Текст: электронный. — URL: <https://znanium.com/catalog/product/1002061> (дата обращения: 12.05.2021). — Режим доступа: по подписке.

7.2. Дополнительная литература:

Теплофизика. Теплообмен и теплотехника. Расчетно-экспериментальное исследование теплообмена при нестационарных условиях: методические указания / У.Ю. Шастунова, М.В. Берляков, А.С. Дмитриев [и др.]. — Тюмень: ТюмГУ, 2016. — 48 с. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/109984> (дата обращения: 12.05.2021). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

7.3. Интернет-ресурсы:

-

7.4 Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы:

eLIBRARY – научная библиотека (г. Москва). – <http://elibrary.ru>

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

- Лицензионное ПО, в том числе отечественного производства:

платформа для электронного обучения Microsoft Teams, офисный пакет Microsoft Office.

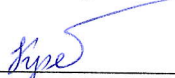
9. Технические средства и материально-техническое обеспечение дисциплины

Для проведения лекционных занятий требуется мультимедийная учебная аудитория, оснащенная учебной мебелью, доской аудиторной, мультимедийным проекционным и акустическим оборудованием, персональным компьютером с подключением к локальной сети и сети Интернет.

Для проведения практических занятий требуется учебная аудитория, оснащенная учебной мебелью и доской аудиторной.

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«ТЮМЕНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

УТВЕРЖДАЮ
Заместитель директора
Физико-технического института
по учебной работе


С.А. Креков
« 23 » 06. 2021 г.

ТЕПЛООБМЕН СЛОЖНЫХ СИСТЕМ

Рабочая программа дисциплины
для обучающихся по направлению подготовки
16.03.01 Техническая физика
Профиль: Техническая физика в нефтегазовых технологиях
форма обучения: очная

Шастунова У.Ю. Теплообмен сложных систем. Рабочая программа дисциплины для обучающихся по направлению подготовки 16.03.01 Техническая физика, профиль: Техническая физика в нефтегазовых технологиях, форма обучения очная. Тюмень, 2021.

Рабочая программа дисциплины опубликована на сайте ТюмГУ: <https://www.utmn.ru/sveden/education/#>.

1. Пояснительная записка

Цель дисциплины «Теплообмен сложных систем» заключается в том, чтобы научить студентов квалифицированно решать различные задачи, связанные с теплофизикой в нефтяной и газовой отраслях, жилищно-коммунальном хозяйстве, экспериментальной теплофизикой. Эти задачи будут возникать в его дальнейшей работе, как в процессе обучения, при выполнении квалификационной выпускной работы, так и при работе по специальности после окончания вуза.

Основные задачи дисциплины:

- изучение нестационарных задач сложных систем, например, резервуарного комплекса, жилого дома и т.д.;
- изучение системы сбора, подготовки и транспортировки жидких углеводородов;
- изучение системы сбора, подготовки и транспортировки газа;
- изучение технологических схем и оборудования, применяемых в нефтяной и газовой промышленности.

В учебной дисциплине можно выделить два крупных модуля: «Строительная теплофизика» (модуль 1) и «Техника и технологии добычи, подготовки, транспортировки углеводородов» (модуль 2). По каждому из блоков студент выполняет творческое задание.

Цель модуля 1 – дать студентам знания, навыки и умения по определению тепловлажностного режима ограждений, зданий и сооружений, а также теплового режима помещений.

Задачей модуля 1 является изучение теплотехнических свойств строительных материалов, теплопередачи через ограждения при стационарном и нестационарном режимах, конденсации и сорбции водяного пара, перемещении в ограждении воздуха, пара и жидкой влаги.

Цель модуля 2 – научить студентов моделировать различные задачи, связанные с нефтяной и газовой отраслями.

Задачи модуля 2:

1. изучить основы техники и технологий сбора и подготовки углеводородов к транспорту;
2. ознакомить бакалавров с современными системами транспорта и хранения углеводородов;
3. изучить модели и методы расчета процессов добычи сбора и транспорта углеводородов.

1.1. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Данная дисциплина входит в блок Б1 Дисциплины (модули), часть, формируемая участниками образовательных отношений.

Для успешного освоения дисциплины «Теплообмен сложных систем» необходимы знания и умения, приобретённые в ходе изучения таких дисциплин, как «Механика», «Молекулярная физика», «Теоретическая и прикладная механика», «Математический анализ», «Высшая математика», «Теплофизика».

1.2. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения данной дисциплины

Таблица 1

Код и наименование компетенции (из ФГОС ВО)	Код и наименование части компетенции	Планируемые результаты обучения (знаниевые/функциональные)
ПК-2: способен применять методы аналитических исследований в соответствующей области знаний	–	<p>Знает</p> <ul style="list-style-type: none"> – методы измерений и исследований, основанные на различных физических эффектах; – основы нестационарного теплообмена; – начальные и граничные условия и безразмерные комплексы подобия для задач нестационарной теплопроводности; – явную и неявную схему численного решения задач нестационарной теплопроводности; – основы теплофизики, воздухообмена, влагообмена в строительных технологиях; – конструктивные схемы и основы методов гидравлического и теплотехнического расчёта магистральных нефтепроводов, метод расстановки насосных станций; – конструктивные схемы и основы методов гидравлического и теплотехнического расчёта резервуаров нефтебаз; – конструктивные схемы и основы методов гидравлического и теплотехнического расчёта магистральных газопроводов, метод расстановки компрессорных станций и аппаратов воздушного охлаждения; – конструктивные схемы подземных хранилищ газа. <p>Умеет</p> <ul style="list-style-type: none"> – пользоваться прикладными методами расчета физико-математических моделей; – решать задачи нестационарной теплопроводности с разными начальными и граничными условиями; – проводить теплотехнические расчёты отдельных частей наружных помещений при работе в стационарном и нестационарном тепловых режимах; – давать рекомендации по изменению ограждающих конструкций с целью уменьшения теплопотерь зданий, нормализации воздухообмена и влагообмена внутри них; – выполнять гидравлический и теплоотехнический расчёт магистральных нефтепроводов, выполнять расстановку насосных станций; – выполнять гидравлический и теплоотехнический расчёт магистральных газопроводов, выполнять расстановку компрессорных станций и аппаратов воздушного охлаждения; – выполнять расчёт теплового режима резервуара с нефтепродуктами.

2. Структура и объем дисциплины

Таблица 2

Вид учебной работы	Всего часов (академические часы)	Часов в семестре (академические часы)
		6 семестр
Общий объем зач. ед. час	5	5
	180	180
Из них:		
Часы контактной работы (всего):	78	78
Лекции	34	34
Практические занятия	42	42
Лабораторные / практические занятия по подгруппам	0	0
Консультации и иная контактная работа	2	2
Часы внеаудиторной работы, включая самостоятельную работу обучающегося	102	102
Вид промежуточной аттестации		Экзамен

3. Система оценивания

3.1. На учебных занятиях оценивается работа студентов на лекциях (0-1 балл за занятие) и работа в аудитории на практических занятиях (0-5 баллов за занятие), проектные задания (0-15 баллов), коллоквиум (0-10 баллов).

В рамках дисциплины необходимо выполнить проект. Под проектными заданиями необходимо понимать выполнение студентами заданий по следующим темам:

1. разработка компьютерной программы по расчету теплового поля;
2. тепловой расчет жилого дома;
3. расчет падения температуры в трубопроводе (газо- или нефтепровода) или падение температуры в резервуаре.

Проект является заданием практической направленности и выполняется студентом самостоятельно, согласно методическим рекомендациям. Сданным проектом является отчет, оформленный согласно правилам технической документации (СНиП).

Проект оценивается в 15 баллов.

Вопросы к коллоквиуму составляется из пройденных лекционных тем. В билете содержится 2 вопроса. После получения билета в течение 30-40 минут студенты пишут письменный ответ на билет. Отметка выставляется после личной беседы с преподавателем.

Коллоквиум оценивается в 10 баллов.

Форма промежуточной аттестации по дисциплине – экзамен. Обязательным условием сдачи экзамена является сдача всех проектов, запланированных в учебной дисциплине.

Предусматривается выставление положительной оценки за экзамен автоматом при наборе определенного количества баллов:

"удовлетворительно" – не менее 65 баллов;

"хорошо" – не менее 81 балла.

Отметка "отлично" может выставляться только по итогам экзамена.

4. Содержание дисциплины

4.1. Тематический план дисциплины

Таблица 3

№ п/п	Наименование тем и/или разделов	Объем дисциплины, час.				
		Всего	Виды аудиторной работы (академические часы)			Консультации и иная контактная работа
			Лекции	Практические занятия	Лабораторные/ практические занятия по подгруппам	
1	2	3	4	5	6	7
1.	Нестационарная теплопроводность	18	4	4	0	0
2.	Численные методы нестационарной теплопроводности	10	6	0	0	0
3.	Физико-математическое моделирование уравнения теплопроводности	18	0	6	0	0
4.	Теплообмен жилого дома	18	12	0	0	0
5.	Теплопередача и тепловой баланс в помещении	12	0	4	0	0
6.	Нестационарные тепловые режимы	12	0	4	0	0
7.	Расчёт теплового режима жилого здания	18	0	6	0	0
8.	Теплообмен в системах подготовки, транспорта и хранения нефти и газа	18	12	0	0	0
9.	Сбор и подготовка нефти	6	0	2	0	0
10.	Сбор и подготовка газа	6	0	2	0	0
11.	Магистральные нефтепроводы	12	0	4	0	0
12.	Магистральные газопроводы	12	0	4	0	0
13.	Режимы работы магистральных газопроводов	6	0	2	0	0
14.	Расчёт теплового режима резервуара	12	0	4	0	0
	Экзамен	2	0	0	0	2
	Итого (часов)	180	34	42	0	2

4.2. Содержание дисциплины по темам

Тема 1. Нестационарная теплопроводность.

Нестационарные задачи теплопроводности. Решение уравнения теплопроводности в нестационарном случае (для трех краевых задач). Полу бесконечное пространство с заданными начальной температурой и температурой поверхности.

Начальные и граничные условия для уравнения теплопроводности.

Краевые условия и типы краевых задач: задача Коши, смешанная задача, стационарная задача. Граничные условия 1, 2, 3, 4-го рода. Основные методы решения задач теплопроводности: метод разделения переменных однородных задач теплопроводности (метод Фурье).

Безразмерные параметры тепломассопереноса. Число Фурье. Число Пекле. Число Нуссельта. Число Рейнольдса. Число Прандтля. Число Грасгофа и Рэлея.

Решение задач по нестационарной теплопроводности (теория подобия).

Тема 2. Численные методы нестационарной теплопроводности.

На лекции будет произведен разбор основных методов (например, прогонки и др.) при решении уравнения теплопроводности при нестационарном режиме.

Введено понятие явной и неявной схемы.

Рассмотрено как дифференциальное уравнение преобразуется в алгебраическое для удобства моделировать изучаемый процесс

Тема 3. Физико-математическое моделирование уравнения теплопроводности.

Физико-математическое моделирование уравнения теплопроводности (по вариантам):

- плоский объект;
- цилиндрическая стенка;
- сферическая стенка;
- сложные формы.

Тема 4. Теплообмен жилого дома.

Предмет строительной теплофизики. Теплофизика в строительных технологиях. Понятие теплового, воздушного и влажностного режима здания. Процессы тепло-, воздухо- и влагообмена. Климатические условия. Энергосбережение. Строительные нормы и правила, строительная теплотехника.

Теплотехнические свойства строительных материалов, измерительные устройства.

Пористость, плотность, влажность, теплопроводность, теплоемкость, тепловое излучение. Фильтрационные характеристики материалов. Датчики, измерительные устройства, приборы, применяемые для измерения характеристик теплового, воздушного и влажностного режима.

Теплопередача и тепловой баланс в помещении при стационарном тепловом потоке.

Стационарная теплопередача через ограждение. Одномерное, двумерное и трехмерное температурные поля. Теплопередача через ограждение с герметичной и вентилируемой прослойкой.

Конвективный теплообмен в помещении. Лучистый теплообмен в помещении. Струйный теплообмен в помещении.

Уравнение теплового баланса в помещении. Микроклимат помещения. Условия и степень комфортности в помещении.

Нестационарные тепловые режимы. Нестационарная теплопередача через ограждения. Численные методы расчета нестационарных температурных полей в ограждающих конструкциях и помещениях.

Теплоустойчивость ограждения. Затухание температурных колебаний в ограждении. Теплоустойчивость помещения. Уравнение энергии при нестационарном режиме в помещении.

Воздушный режим здания. Воздухопроницаемость конструкций зданий. Уравнения и характеристики процесса воздухопроницаемости. Теплопередача через ограждение при

фильтрации воздуха. Теплопередача при фильтрации воздуха через массив и стык конструкций.

Теплотехнические особенности отдельных частей наружных помещений.

Наружные углы стен. Карнизные углы. Цокольные углы. Стыки наружных стеновых панелей. Теплопроводные включения. Оконные проемы.

Нестационарные тепловые режимы. Нестационарная теплопередача через ограждения. Численные методы расчета нестационарных температурных полей в ограждающих конструкциях и помещениях.

Теплоустойчивость ограждения. Затухание температурных колебаний в ограждении. Теплоустойчивость помещения. Уравнение энергии при нестационарном режиме в помещении.

Воздушный режим здания. Воздухопроницаемость конструкций зданий. Уравнения и характеристики процесса воздухопроницаемости. Теплопередача через ограждение при фильтрации воздуха. Теплопередача при фильтрации воздуха через массив и стык конструкций.

Теплотехнические особенности отдельных частей наружных помещений. Наружные углы стен. Карнизные углы. Цокольные углы. Стыки наружных стеновых панелей. Теплопроводные включения. Оконные проемы.

Тема 5. Теплопередача и тепловой баланс в помещении.

Теплотехнические свойства строительных материалов, измерительные устройства.

Определение теплового баланса в помещении.

Теплопередача и тепловой баланс в помещении при стационарном тепловом потоке.

Расчет стационарного теплового потока через плоское, цилиндрическое ограждение, ограждение с воздушной прослойкой.

Тема 6. Нестационарные тепловые режимы.

Нестационарные тепловые режимы. Расчет нестационарного теплового потока через ограждения.

Воздушный режим здания. Определение показателей теплоусвоения и теплопоглощения помещения

Теплотехнические особенности отдельных частей наружных помещений. Теплотехнический расчет отдельных частей наружных помещений

Тема 7. Расчет теплового режима жилого здания.

Расчет жилого дома.

Тема 8. Теплообмен в системах подготовки, транспорта и хранения нефти и газа.

Общие сведения о газонефтепроводах. Конструктивные схемы их прокладки. Современное состояние и перспективы развития нефтяной промышленности в мире и в России. Современное состояние и перспективы развития газовой промышленности в мире и в России. Магистральные нефтепроводы. Основные объекты нефтепровода и их назначение. Магистральные газопроводы. Основные объекты газопровода и их назначение. Общие сведения о магистральных трубопроводах (классификация, конструктивные схемы, категоричность). Конструктивные схемы прокладки трубопроводов и области их применения.

Магистральные нефтепроводы (МН). Состав сооружений МН, технологическая схема нефтеперекачивающей станции (НПС), определение числа НПС по трассе МН и их расстановка. Совместная работа НПС и линейной части МН.

Магистральные газопроводы (МГ). Состав сооружений МГ, технологическая схема компрессорной станции (КС), определение числа КС и расстановка их по трассе МГ, регулирование работы МГ и КС.

Режимы работы МГ. Влияние внешних факторов (грунт, окружающая среда, режим работы силового и охлаждающего оборудования). Необходимость охлаждения газа, оптимизация работы аппаратов воздушного охлаждения. Неравномерность режима работы, сглаживание неравномерности.

Нефтебазы. Классификация нефтебаз. Состав основных сооружений, основное оборудование, технологическая схема и генеральный план. Виды операций с жидкими углеводородами. Большие и малые «дыхания» резервуаров.

Хранение и распределение газа. Виды газохранилищ, понятие о подземных хранилищах (ПХГ), хранение газа в жидком и твердом состояниях. Транспорт сжиженных газов и газогидратов. Газораспределительные сети, станции и пункты. Оборудование для газораспределительных систем.

Оборудование насосных станций. Насосные станции магистральных нефтепроводов. Классификация нефтеперекачивающих станций магистральных нефтепроводов, их назначение, состав основных технологических объектов. Основные образования НС магистральных нефтепроводов. Технологические схемы ГНПС и промежуточных нефтеперекачивающих станций.

Оборудование резервуарных парков.

Тема 9. Сбор и подготовка нефти.

Изучить технологическую схему и основные параметры работы установки подготовки нефти, систему контроля и регулирования параметров работы. Просмотреть видеофильм о системе сбора нефти.

Тема 10. Сбор и подготовка газа.

Изучить технологическую схему и основные параметры работы установки комплексной подготовки газа, изучить чертежи комплектующего оборудования.

Тема 11. Магистральные нефтепроводы.

Изучить порядок технологического расчета МН, выполнить расчет с подбором насосных агрегатов. Выбрать профиль трассы и произвести расстановку НПС. Просмотреть видеофильм о работе нефтепровода.

Тема 12. Магистральные газопроводы.

Изучить порядок технологического расчета МГ, выполнить расчет с подбором газотурбинных агрегатов и нагнетателей, произвести проверку расчета с помощью имеющейся компьютерной программы. Произвести оценку загрузки вспомогательного оборудования.

Тема 13. Режимы работы магистральных газопроводов.

Произвести расчет температурного режима газопровода на участке между КС, рассчитать необходимое количество АВО, произвести оптимизационный расчет числа включенных вентиляторов.

Тема 14. Расчет теплового режима резервуара.

Изучение методики расчета теплового режима резервуарного парка.

5. Учебно-методическое обеспечение и планирование самостоятельной работы обучающихся

Таблица 4

№ темы	Темы	Формы СРС, включая требования к подготовке к занятиям
1	Нестационарная теплопроводность	1. Работа с основной и дополнительной литературой. 2. Выполнение проектного задания. 3. Проработка лекций.
2	Численные методы нестационарной теплопроводности	1. Работа с основной и дополнительной литературой. 2. Выполнение проектного задания.
3	Физико-математическое моделирование уравнения теплопроводности	1. Работа с основной и дополнительной литературой. 2. Выполнение проектного задания. 3. Проработка лекций.

4	Теплообмен жилого дома	1. Работа с основной и дополнительной литературой. 2. Выполнение проектного задания.
5	Теплопередача и тепловой баланс в помещении	1. Работа с основной и дополнительной литературой. 2. Выполнение проектного задания. 3. Проработка лекций.
6	Нестационарные тепловые режимы	1. Работа с основной и дополнительной литературой. 2. Выполнение проектного задания. 3. Проработка лекций.
7	Расчёт теплового режима жилого здания	1. Работа с основной и дополнительной литературой. 2. Выполнение проектного задания. 3. Проработка лекций.
8	Теплообмен в системах подготовки, транспорта и хранения нефти и газа	1. Работа с основной и дополнительной литературой. 2. Выполнение проектного задания.
9	Сбор и подготовка нефти	1. Работа с основной и дополнительной литературой. 2. Выполнение проектного задания. 3. Проработка лекций.
10	Сбор и подготовка газа	1. Работа с основной и дополнительной литературой. 2. Выполнение проектного задания. 3. Проработка лекций.
11	Магистральные нефтепроводы	1. Работа с основной и дополнительной литературой. 2. Выполнение проектного задания. 3. Проработка лекций.
12	Магистральные газопроводы	1. Работа с основной и дополнительной литературой. 2. Выполнение проектного задания. 3. Проработка лекций.
13	Режимы работы магистральных газопроводов	1. Работа с основной и дополнительной литературой. 2. Выполнение проектного задания. 3. Проработка лекций.
14	Расчёт теплового режима резервуара	1. Работа с основной и дополнительной литературой. 2. Выполнение проектного задания. 3. Проработка лекций.

6. Промежуточная аттестация по дисциплине

6.1. Оценочные материалы для проведения промежуточной аттестации по дисциплине

Экзамен проводится в устной форме. Обязательным условием сдачи экзамена является сдача всех проектов, запланированных в учебной дисциплине, а именно:

1. разработка компьютерной программы по расчету теплового поля;
2. тепловой расчет жилого дома;
3. расчет падения температуры в трубопроводе (газо- или нефтепровода) или падение температуры в резервуаре.

Экзаменационный билет состоит из двух вопросов, по одному из каждого модуля.

Отметка выставляется после беседы с преподавателем, в которой преподаватель уточняет полноту знаний учащегося.

Студент, не посещавший 50% практических занятий, к экзамену не допускается. В ведомость автоматически проставляется "неудовлетворительно".

Примерные вопросы для самостоятельной подготовки к экзамену по дисциплине:

Модуль 1 «Строительная теплофизика»:

1. Теплотехнические свойства строительных материалов.
2. Уравнения стационарной теплопередачи через ограждения.

3. Граничные условия тепломассопередачи в ограждениях.
4. Температурные поля в ограждающих конструкциях.
5. Теплопередача через ограждения с вентилируемой прослойкой.
6. Конвективный теплообмен в помещении.
7. Лучистый теплообмен в помещении.
8. Струйный теплообмен в помещении.
9. Уравнение теплового баланса в помещении.
10. Микроклимат помещения.
11. Условия и степень комфортности в помещении.
12. Нестационарная теплопередача через ограждения.
13. Численные методы расчета стационарных температурных полей в ограждениях.
14. Численные методы расчета температурных полей в помещениях.
15. Теплоустойчивость ограждения.
16. Затухание температурных колебаний в ограждении.
17. Теплоустойчивость помещения.
18. Воздухопроницаемость ограждений.
19. Теплопередача через ограждения при фильтрации воздуха.
20. Теплотехнические особенности частей наружных ограждений зданий.
21. Влажный воздух.
22. Конденсация влаги на поверхности ограждения.
23. Сорбция. Изотерма сорбции строительных материалов.
24. Десорбция. Изотерма десорбции строительных материалов.
25. Паропроницаемость.
26. Расчет влажностного режима при диффузии пара.
27. Перемещение жидкой влаги в ограждении.
28. Сверхсорбционное увлажнение.
29. Сорбционное увлажнение при наличии фильтрации воздуха.
30. Нестационарная влагопередача при наличии фильтрации воздуха.
31. Стабилизация влажностного процесса в ограждающих конструкциях.

Модуль 2 «Техника и технологии добычи, подготовки, транспортировки углеводородов»:

1. Состав сооружений магистрального нефтепровода.
2. Состав сооружений магистрального газопровода.
3. Образование и разрушение нефтяных эмульсий.
4. Пропускная способность участка магистрального газопровода.
5. Построение плана и профиля трассы МН, гидравлический уклон.
6. Определение мощности ГПА.
7. Методы разрушения нефтяных эмульсий.
8. Среднее давление на участке газопровода.
9. Схема установки подготовки нефти к транспортировке.
10. Изменение температуры на участке газопровода.
11. Методика расчета магистрального нефтепровода.
12. Состав сооружений магистрального газопровода.
13. Последовательное и параллельное соединение насосов.
14. Степень сжатия компрессорной станции.
15. Методы регулирования производительности насосов.
16. Коэффициент гидравлического сопротивления газопровода.
17. Совмещенная характеристика НПС и МН.
18. Подготовка газа к транспортировке.
19. Расстановка НПС по трассе МН.
20. Нефтебазы: генеральный план, виды проводимых операций.

6.2. Критерии оценивания компетенций:

Таблица 5

Карта критериев оценивания компетенций

№ п/п	Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенций, соотнесенные с планируемыми результатами обучения	Оценочные материалы	Критерии оценивания
1.	ПК-2: способен применять методы аналитических исследований в соответствующей области знаний	<p>Пороговый уровень освоения ОП (удовл.):</p> <p>Знает:</p> <ul style="list-style-type: none"> – методы измерений и исследований, основанные на различных физических эффектах; – основы нестационарного теплообмена; – основы теплофизики, воздухообмена, влагообмена в строительных технологиях. <p>Умеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> – пользоваться прикладными методами расчета физико-математических моделей. – решать задачи нестационарной теплопроводности с разными начальными и граничными условиями; – проводить теплотехнические расчёты отдельных частей наружных помещений при работе в стационарном и нестационарном тепловых режимах. <p>Базовый уровень (хор.):</p> <p>Знает:</p> <ul style="list-style-type: none"> – начальные и граничные условия и безразмерные комплексы подобия для задач нестационарной теплопроводности; – давать рекомендации по изменению ограждающих конструкций с целью уменьшения теплопотерь зданий, нормализации воздухообмена и влагообмена внутри них; – конструктивные схемы и основы методов гидравлического и теплотехнического расчёта магистральных нефтепроводов, метод расстановки насосных станций; – конструктивные схемы и основы методов гидравлического и теплотехнического расчёта резервуаров нефтебаз. 	Работа на практических занятиях, выполнение проектов, коллоквиум, экзамен	<p>Правильность решения практических заданий (задач), заданных на дом и индивидуально.</p> <p>Правильность решения практических заданий (задач) на промежуточных аттестациях</p> <p>Проекты: интенсивность и авторитетность использования дополнительных источников при подготовке, полнота и правильность проведения расчётов, ответов на дополнительные вопросы одногруппников и преподавателя.</p> <p>Экзамен: правильность ответов на вопросы, ссылки на дополнительные источники при ответе.</p>

		<p>Умеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> – давать рекомендации по изменению ограждающих конструкций с целью уменьшения теплотерь зданий, нормализации воздухообмена и влагообмена внутри них; – выполнять гидравлический и теплоотехнический расчёт магистральных нефтепроводов, выполнять расстановку насосных станций. <p>Повышенный уровень (отл.):</p> <p>Знает:</p> <ul style="list-style-type: none"> – явную и неявную схему численного решения задач нестационарной теплопроводности; – конструктивные схемы и основы методов гидравлического и теплоотехнического расчёта магистральных газопроводов, метод расстановки компрессорных станций и аппаратов воздушного охлаждения; – конструктивные схемы подземных хранилищ газа. <p>Умеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> – выполнять гидравлический и теплоотехнический расчёт магистральных газопроводов, выполнять расстановку компрессорных станций и аппаратов воздушного охлаждения; – выполнять расчёт теплового режима резервуара с нефтепродуктами. 		
--	--	--	--	--

7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

7.1. Основная литература:

Кудинов, А.А. Строительная теплофизика: учебное пособие / А.А. Кудинов. — Москва: ИНФРА-М, 2019. — 262 с. — (Высшее образование: Бакалавриат). — ISBN 978-5-16-005158-1. — Текст: электронный. — URL: <https://znanium.com/catalog/product/1002061> (дата обращения: 12.05.2021). — Режим доступа: по подписке.

7.2. Дополнительная литература:

Линник, Ю.Н. Технологические основы добычи и переработки топливно-энергетических ресурсов: учебник / Ю.Н. Линник, В.Ю. Линник, В.Б. Воронцов; под общ. ред. Ю.Н. Линника. — Москва: ИНФРА-М, 2020. — 457 с. — (Высшее образование: Бакалавриат). — ISBN 978-5-16-015474-9. — Текст: электронный. — URL: <https://znanium.com/catalog/product/1035676> (дата обращения: 12.05.2021). — Режим доступа: по подписке.

7.3. Интернет-ресурсы:

-

7.4. Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы:eLIBRARY – научная библиотека (г. Москва). – <http://elibrary.ru>**8. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине**

– Лицензионное ПО, в том числе отечественного производства:

платформа для электронного обучения Microsoft Teams, офисный пакет Microsoft Office

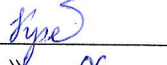
9. Технические средства и материально-техническое обеспечение дисциплины

Для проведения лекционных занятий необходима мультимедийная учебная аудитория, оснащенная учебной мебелью, доской аудиторной, мультимедийным проекционным и акустическим оборудованием и персональным компьютером с проводным подключением к локальной сети и сети Интернет.

Для проведения практических занятий необходима учебная аудитория, оснащенная учебной мебелью и большой аудиторной доской (маркерной или меловой).

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«ТЮМЕНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

УТВЕРЖДАЮ
Заместитель директора
Физико-технического института
по учебной работе


_____ С.А. Креков
« 23 » 06. _____ 2021 г.

ПОДЗЕМНАЯ ГИДРОГАЗОДИНАМИКА
Рабочая программа дисциплины
для обучающихся по направлению подготовки
16.03.01 Техническая физика
Профиль: Техническая физика в нефтегазовых технологиях
форма обучения: очная

Григорьев Б.В., Вершинин В.Е. Подземная гидрогазодинамика. Рабочая программа дисциплины для обучающихся по направлению подготовки 16.03.01 Техническая физика, профиль: Техническая физика в нефтегазовых технологиях, форма обучения очная. Тюмень, 2021.

Рабочая программа дисциплины опубликована на сайте ТюмГУ:
<https://www.utmn.ru/sveden/education/#>.

© Тюменский государственный университет, 2021.

© Григорьев Б.В., Вершинин В.Е., 2021.

1. Пояснительная записка

Дисциплина «Подземная гидрогазодинамика» формирует у студентов представление о процессах фильтрации газов и жидкостей в пористых средах. Рассматриваются базовые законы, теории фильтрации и методы решения ряда важнейших задач, имеющих аналитические решения. Дается представление о подходах, применяемых при численном моделировании многофазной фильтрации, круге задач, решаемых при разработке и эксплуатации нефтяных и газовых месторождений, а также о методах их решения. Цикл лабораторных работ представлен блоками численного моделирования процессов фильтрации и экспериментального исследования фильтрационно-ёмкостных свойств породы и PVT-свойств флюидов.

Целью дисциплины является формирование у студентов общих знаний о процессах фильтрации газов и жидкостей в пористых средах, методах численного моделирования процессов фильтрации, способах экспериментального определения фильтрационно-ёмкостных свойств пористой среды, PVT-свойств газов и жидкостей.

Задачи дисциплины:

- формирование целостного представления об основных процессах и законах фильтрации газов и жидкостей в пористых средах;
- изучение методов численного моделирования процессов фильтрации;
- изучение методов экспериментального определения фильтрационно-ёмкостных свойств пористой среды, PVT-свойств газов и жидкостей.

1.1. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Данная дисциплина входит в блок Б1 Дисциплины (модули), часть, формируемая участниками образовательных отношений.

Для освоения данной дисциплины необходимы знания, полученные в ходе изучения дисциплин «Гидрогазодинамика», «Основы геологии и геофизики» и «Основы нефтегазового дела».

1.2. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения данной дисциплины

Таблица 1

Код и наименование компетенции (из ФГОС ВО)	Код и наименование части компетенции	Планируемые результаты обучения (знаниевые/функциональные)
ПК-1: способен применять методы проведения экспериментов в соответствующей области знаний, оформлять результаты научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ	–	Знает <ul style="list-style-type: none">- методику проведения научных исследований;- правила оформления научных публикаций (статей, тезисов и т.д.);- специализированные пакеты прикладных программ.
		Умеет <ul style="list-style-type: none">- самостоятельно проводить исследовательскую деятельность;- создавать физико-математические модели объектов;- экспериментальными методами определять фильтрационно-ёмкостные характеристики породы;- экспериментальными методами определять вязкость флюидов;

		<ul style="list-style-type: none"> - интерпретировать полученные результаты с учётом границ применимости моделей; - самостоятельно решать/анализировать прикладные задачи технической физики с помощью специализированных пакетов прикладных программ; - оформлять полученные результаты в виде таблиц, графиков, чертежей, схем, статей и тезисов конференций с использованием современного программного и аппаратного обеспечения.
ПК-2: способен применять методы аналитических исследований в соответствующей области знаний	–	<p>Знает</p> <ul style="list-style-type: none"> - терминологию, применяемую при описании фильтрационных течений; - методы решения простейших задач, допускающих аналитическое решение; - физические допущения, лежащие в основе базовых математических моделей, используемых при описании фильтрационных течений; - основные методы численного решения задач гидродинамического моделирования разработки нефтяных и газовых месторождений; - общепринятые способы задания основных физических свойств пластовой системы; - методики определения основных физических свойств породы, жидких и газообразных углеводородов <p>Умеет</p> <ul style="list-style-type: none"> - применять решения простейших задач к анализу процессов одно- и многофазной фильтрации; - 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 расчёты.

2. Структура и объем дисциплины

Таблица 2

Вид учебной работы	Всего часов (академические часы)	Часов в семестре (академические часы)
		7 семестр
Общий объем зач. ед. час	5	5
	180	180
Из них:		
Часы аудиторной работы (всего):	88	88
Лекции	34	34
Практические занятия	0	0
Лабораторные / практические занятия по подгруппам	52	52
Консультации и иная контактная работа	2	2
Часы внеаудиторной работы, включая самостоятельную работу обучающегося	92	92
Вид промежуточной аттестации		Экзамен

3. Система оценивания

3.1. На учебных занятиях оценивается работа в аудитории при выполнении лабораторной работы (0-5 баллов за работу на занятии и 0-5 баллов за выполнение лабораторной работы).

Сдаче экзамена подлежат студенты, по итогам семестра набравшие количество баллов, соответствующее оценке «неудовлетворительно», а также студенты, желающие повысить свою оценку.

Шкала перевода баллов в оценки:

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

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

Форма промежуточной аттестации – экзамен. До сдачи экзамена студент должен выполнить все лабораторные работы.

Если студент желает повысить оценку или претендует на оценку "отлично", то он сдаёт экзамен.

4. Содержание дисциплины

4.1. Тематический план дисциплины

Таблица 3

№ п/п	Наименование тем и/или разделов	Объем дисциплины, час.				
		Всего	Виды аудиторной работы (академические часы)			Консультации и иная контактная работа
			Лекции	Практические занятия	Лабораторные/ практические занятия по подгруппам	
1	2	3	4	5	6	7
1.	Основные определения и уравнения теории фильтрации	2	2	0	0	0
2.	Двучленный закон фильтрации Форхгеймера в пористой среде	2	2	0	0	0
3.	Относительные фазовые проницаемости. Обобщённый закон Дарси	2	2	0	0	0
4.	Фильтрация однородной несжимаемой жидкости и газа	2	2	0	0	0
5.	Фильтрация однородной упругой жидкости в деформируемом пласте	2	2	0	0	0
6.	Введение в численное гидродинамическое моделирование	4	0	0	4	0
7.	Фильтрация однородной упругой жидкости в деформируемом пласте. Функция Лейбензона	2	2	0	0	0
8.	Введение в численное гидродинамическое моделирование. Граничные и начальные условия	4	0	0	4	0
9.	Уравнение пьезопроводности.	2	2	0	0	0

	Автомодельное решение задачи о притоке упругой жидкости к скважине					
10.	Исходная информация для гидродинамического моделирования	4	0	0	4	0
11.	Основные понятия о гидродинамических методах исследования скважин	2	2	0	0	0
12.	Гидродинамический симулятор	4	0	0	4	0
13.	Фильтрационные потоки в группе скважин с удалённым контуром питания	2	2	0	0	0
14.	Моделирование работы одиночной скважины нефтяного пласта	4	0	0	4	0
15.	Двухфазная фильтрация	2	2	0	0	0
16.	Моделирование процесса заводнения нефтяного пласта	4	0	0	4	0
17.	Уравнение Баклея-Левретта	2	2	0	0	0
18.	Моделирование работы газового пласта	4	0	0	4	0
19.	Капиллярные эффекты в пористой среде	2	2	0	0	0
20.	Определение эффективной пористости керна	4	0	0	4	0
21.	Задача Рапопорта-Лиса. Капиллярная пропитка	2	2	0	0	0
22.	Определение кривых капиллярного давления	4	0	0	4	0
23.	Многокомпонентная фильтрация. Основные определения и уравнения	2	2	0	0	0
24.	Определение проницаемости по	4	0	0	4	0

	газу с поправкой Клинкенберга					
25.	Адсорбция и диффузия в пористой среде	2	2	0	0	0
26.	Определение фазовой проницаемости по воде	4	0	0	4	0
27.	Неизотермическая фильтрация	2	2	0	0	0
28.	Определение плотности и вязкости жидкостей	4	0	0	4	0
29.	Распространение тепла при закачке горячей воды. Тепловое поле при наличии тепловых потерь в кровлю и подошву пласта	2	2	0	0	0
30.	Определение теплофизических свойств керна и нефти	4	0	0	4	0
	Экзамен	2	0	0	0	2
	Итого (часов)	180	34	0	52	2

4.2. Содержание дисциплины по темам

Тема 1 «Основные определения и уравнения теории фильтрации»

- Основные определения и уравнения неразрывности;
- Уравнения движения в пористой среде. Закон Дарси, границы применимости закона

Дарси.

Тема 2 «Двучленный закон фильтрации Форхгеймера в пористой среде»

- Двучленный закон фильтрации Форхгеймера в пористой среде;
- Гидромеханика пористой среды.

Тема 3 «Относительные фазовые проницаемости. Обобщённый закон Дарси»

- Относительные фазовые проницаемости;
- Обобщённый закон Дарси

Тема 4 «Фильтрация однородной несжимаемой жидкости и газа»

- Фильтрация однородной несжимаемой жидкости и газа;
- Приток жидкости и газа к скважине формула Дюпюи;
- Приток несжимаемой жидкости и газа по двучленному закону фильтрации

Тема 5 «Фильтрация однородной упругой жидкости в деформируемом пласте»

- Фильтрация однородной упругой жидкости в деформируемом пласте;
- Уравнение состояния газа, пористой среды и упругой жидкости.

Тема 6 «Введение в численное гидродинамическое моделирование»

- Введение в численное гидродинамическое моделирование;
- Представление модели пласта в гидродинамическом симуляторе;
- Дискретизация;
- Классификация нелинейностей;
- Аппроксимация времени «IMPES» и «SS» метод.

Тема 7 «Фильтрация однородной упругой жидкости в деформируемом пласте. Функция Лейбензона»

- Фильтрация однородной упругой жидкости в деформируемом пласте;
- Функция Лейбензона.

Тема 8 «Введение в численное гидродинамическое моделирование. Граничные и начальные условия»

- Введение в численное гидродинамическое моделирование;
- Граничные и начальные условия;
- Проблемы численных решений.

Тема 9 «Уравнение пьезопроводности. Автомодельное решение задачи о притоке упругой жидкости к скважине»

- Уравнение пьезопроводности;
- Автомодельное решение задачи о притоке упругой жидкости к скважине.

Тема 10 «Исходная информация для гидродинамического моделирования»

- Исходная информация для гидродинамического моделирования

Тема 11 «Основные понятия о гидродинамических методах исследования скважин»

- Основные понятия о гидродинамических методах исследования скважин.

Тема 12 «Гидродинамический симулятор»

- Гидродинамический симулятор Eclipse, Tempest-MORE, tNavigator;
- Описание секций data-файла;
- Примеры задания ключевых слов.

Тема 13 «Фильтрационные потоки в группе скважин с удалённым контуром питания»

- Фильтрационные потоки в группе скважин с удалённым контуром питания.

Тема 14 «Моделирование работы одиночной скважины нефтяного пласта»

- Моделирование работы одиночной скважины нефтяного пласта.

Тема 15 «Двухфазная фильтрация»

- Двухфазная фильтрация;
- Безразмерная система уравнений;
- Капиллярное число.

Тема 16 «Моделирование процесса заводнения нефтяного пласта»

- Моделирование процесса заводнения нефтяного пласта.

Тема 17 «Уравнение Баклея-Левретта»

- Уравнение Баклея-Левретта;
- Решение уравнения Баклея-Левретта;
- Метод Уэлджа.

Тема 18 «Моделирование работы газового пласта»

- Моделирование работы газового пласта.

Тема 19 «Капиллярные эффекты в пористой среде»

- Капиллярные эффекты в пористой среде;
- Равновесие 2-х жидкостей в поле сил тяжести.

Тема 20 «Определение эффективной пористости керна»

- Учебно-исследовательская лабораторная работа;
- Экспериментальное определение пористости образца керна методом жидкостного насыщения на установке УНК-11. Численное определение коэффициента эффективной пористости.

Тема 21 «Задача Рапопорта-Лиса. Капиллярная пропитка»

- Задача Рапопорта-Лиса. Капиллярная пропитка.

Тема 22 «Определение кривых капиллярного давления»

- Учебно-исследовательская лабораторная работа;

- Рассматривается метод определения капиллярного давления в образцах горных пород методом центрифугирования с различными угловыми скоростями и последующим расчётом зависимости капиллярного давления от насыщенности образца вытесняемой жидкостью.

Тема 23 «Многокомпонентная фильтрация. Основные определения и уравнения»

- Многокомпонентная фильтрация;
- Основные определения и уравнения.

Тема 24 «Определение проницаемости по газу с поправкой Клинкенберга»

- Учебно-исследовательская лабораторная работа;
- Экспериментальное определение абсолютной проницаемости керна путём фильтрации через образец газа на установке ПИК-АП-3000. Методика расчёта проницаемости по полученным данным.

Тема 25 «Адсорбция и диффузия в пористой среде»

- Адсорбция и диффузия в пористой среде.

Тема 26 «Определение фазовой проницаемости по воде»

- Учебно-исследовательская лабораторная работа;
- Экспериментальное определение проницаемости образца по воде на установке ПИК-ОФП/ЭП-3. Методика расчёта фазовой проницаемости.

Тема 27 «Неизотермическая фильтрация»

- Неизотермическая фильтрация;
- Уравнение притока тепла в пористой среде;
- Локальное термодинамическое равновесие;
- Эффект Джоуля-Томсона.

Тема 28 «Определение плотности и вязкости жидкостей»

- Учебно-исследовательская лабораторная работа;
- Ознакомление с приборами для определения плотности (ареометром и вибрационным измерителем плотности), подготовка пробы и проведение эксперимента;
- Ознакомление с приборами для определения вязкости (ротационный, вибрационный, капиллярная трубка, вискозиметр с падающим телом), подготовка пробы и проведение эксперимента.

Тема 29 «Распространение тепла при закачке горячей воды. Тепловое поле при наличии тепловых потерь в кровлю и подошву пласта»

- Распространение тепла при закачке горячей воды;
- Тепловое поле при наличии тепловых потерь в кровлю и подошву пласта.

Тема 30 «Определение теплофизических свойств керна и нефти»

- Учебно-исследовательская лабораторная работа;
- Экспериментальное определение коэффициента теплопроводности горных пород стационарным методом плоского слоя;
- Экспериментальное определение коэффициента массовой теплоёмкости нефти калориметрическим методом при нескольких температурах.

5. Учебно-методическое обеспечение и планирование самостоятельной работы обучающихся

Таблица 4

№ темы	Темы	Формы СРС, включая требования к подготовке к занятиям
1.	Основные определения и уравнения теории фильтрации	Чтение основной и дополнительной литературы
2.	Двучленный закон фильтрации Форхгеймера в пористой среде	Чтение основной и дополнительной литературы

3.	Относительные фазовые проницаемости. Обобщённый закон Дарси	Чтение основной и дополнительной литературы
4.	Фильтрация однородной несжимаемой жидкости и газа	Чтение основной и дополнительной литературы
5.	Фильтрация однородной упругой жидкости в деформируемом пласте	Чтение основной и дополнительной литературы
6.	Введение в численное гидродинамическое моделирование	Чтение основной и дополнительной литературы
7.	Фильтрация однородной упругой жидкости в деформируемом пласте. Функция Лейбензона	Чтение основной и дополнительной литературы
8.	Введение в численное гидродинамическое моделирование. Граничные и начальные условия	Чтение основной и дополнительной литературы
9.	Уравнение пьезопроводности. Автомодельное решение задачи о притоке упругой жидкости к скважине	Чтение основной и дополнительной литературы
10.	Исходная информация для гидродинамического моделирования	Проработка лекций. Подготовка лабораторных отчетов
11.	Основные понятия о гидродинамических методах исследования скважин	Чтение основной и дополнительной литературы
12.	Гидродинамический симулятор	Проработка лекций. Подготовка лабораторных отчетов
13.	Фильтрационные потоки в группе скважин с удалённым контуром питания	Чтение основной и дополнительной литературы
14.	Моделирование работы одиночной скважины нефтяного пласта	Проработка лекций. Подготовка лабораторных отчетов
15.	Двухфазная фильтрация	Чтение основной и дополнительной литературы
16.	Моделирование процесса заводнения нефтяного пласта	Проработка лекций. Подготовка лабораторных отчетов.
17.	Уравнение Баклея-Левретта	Чтение основной и дополнительной литературы
18.	Моделирование работы газового пласта	Проработка лекций Подготовка лабораторных отчетов.
19.	Капиллярные эффекты в пористой среде	Чтение основной и дополнительной литературы
20.	Определение эффективной пористости керна	Проработка лекций Подготовка лабораторных журналов/отчетов (необходимо для выполнения лабораторной работы).
21.	Задача Рапопорта-Лиса. Капиллярная пропитка	Чтение основной и дополнительной литературы
22.	Определение кривых капиллярного давления	Проработка лекций Подготовка лабораторных журналов/отчетов (необходимо для выполнения лабораторной работы).
23.	Многокомпонентная фильтрация. Основные определения и уравнения	Чтение основной и дополнительной литературы

24.	Определение проницаемости по газу с поправкой Клинкенберга	Проработка лекций Подготовка лабораторных журналов/отчетов (необходимо для выполнения лабораторной работы).
25.	Адсорбция и диффузия в пористой среде	Чтение основной и дополнительной литературы
26.	Определение фазовой проницаемости по воде	Проработка лекций Подготовка лабораторных журналов/отчетов (необходимо для выполнения лабораторной работы).
27.	Неизотермическая фильтрация	Чтение основной и дополнительной литературы
28.	Определение плотности и вязкости жидкостей	Проработка лекций Подготовка лабораторных журналов/отчетов (необходимо для выполнения лабораторной работы).
29.	Распространение тепла при закачке горячей воды. Тепловое поле при наличии тепловых потерь в кровлю и подошву пласта	Чтение основной и дополнительной литературы
30.	Определение теплофизических свойств керна и нефти	Проработка лекций Подготовка лабораторных журналов/отчетов (необходимо для выполнения лабораторной работы).

6. Промежуточная аттестация по дисциплине

6.1. Оценочные материалы для проведения промежуточной аттестации по дисциплине

Экзамен проводится в устной форме и представляет собой ответ по билету. Экзаменационный билет содержит 2 теоретических вопроса.

Ответы на экзаменационный билет оцениваются по следующим критериям:

- "отлично" — студент дал полный ответ на теоретические вопросы, продемонстрировал взаимосвязь теоретических основ явлений и практики;
- "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 явлениях и законах, однако недостаточно владеет теоретическим материалом, в ответах допускает ошибки, которые может исправить под руководством преподавателя;
- "неудовлетворительно" — студент не имеет систематических знаний в предмете, слабо разбирается в теоретических и практических вопросах, допускает принципиальные ошибки в ответах.

Обязательным условием сдачи экзамена на "отлично" является защита всех лабораторных работ на 90% (или более) баллов.

Вопросы для подготовки к экзамену:

1. Основные определения и уравнение неразрывности.
2. Уравнение движения в пористой среде. Закон Дарси, границы применимости закона Дарси.
3. Двучленный закон фильтрации Форхгеймера в пористой среде.
4. Гидромеханика пористой среды.
5. Относительные фазовые проницаемости. Обобщённый закон Дарси.
6. Фильтрация однородной несжимаемой жидкости и газа.

7. Приток жидкости и газа к скважине, формула Дюпюи.
8. Приток несжимаемой жидкости и газа по двучленному закону фильтрации.
9. Фильтрация однородной упругой жидкости в деформируемом пласте.
10. Уравнение состояния газа, пористой среды и упругой жидкости.
11. Функция Лейбензона.
12. Уравнение пьезопроводности.
13. Автомодельное решение задачи о притоке упругой жидкости к скважине.
14. Основные понятия о гидродинамических методах исследования скважин.
15. Фильтрационные потоки в группе скважин с удалённым контуром питания.
16. Двухфазная фильтрация.
17. Безразмерная система уравнений. Капиллярное число.
18. Уравнение Баклея-Левретта.
19. Решение уравнения Баклея-Левретта.
20. Капиллярные эффекты в пористой среде.
21. Равновесие 2-х жидкостей в поле сил тяжести.
22. Задача Рапопорта-Лиса.
23. Капиллярная пропитка.
24. Многокомпонентная фильтрация.
25. Адсорбция и диффузия в пористой среде.
26. Неизотермическая фильтрация.
27. Уравнение притока тепла в пористой среде.
28. Локальное термодинамическое равновесие.
29. Эффект Джоуля-Томсона.
30. Распространение тепла при закачке горячей воды.
31. Тепловое поле при наличии тепловых потерь в кровлю и подошву пласта.
32. Введение в численное гидродинамическое моделирование.
33. Дискретизация. Аппроксимация времени «IMPES» и «SS» метод.
34. Граничные и начальные условия.
35. Исходная информация для гидродинамического моделирования.
36. Гидродинамический симулятор (на примере одного из коммерческих симуляторов). Описание разделов входного файла. Задание ключевых слов.
37. Моделирование работы одиночной скважины нефтяного пласта.
38. Моделирование процесса заводнения нефтяного пласта.
39. Моделирование работы газового пласта.

6.2. Критерии оценивания компетенций:

Таблица 5

Карта критериев оценивания компетенций

№ п/п	Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенций, соотнесенные с планируемыми результатами обучения	Оценочные материалы	Критерии оценивания
1	ПК-1: способен применять методы проведения экспериментов в соответствующей области знаний, оформлять результаты научно-	<p>Пороговый уровень освоения ОП (удовл.):</p> <p>Знает: основные законы теории фильтрации; способы задания некоторых свойств модели в гидродинамическом симуляторе.</p> <p>Умеет: создавать отдельные элементы гидродинамических моделей.</p>	Экзаменационные вопросы, лекционный теоретический материал, отчёт	Наличие конспекта по лекционному материалу. Правильность выполнения лабораторных работ; грамот-

<p>исследовательских и опытно-конструкторских работ.</p>	<p>Базовый уровень (хор.): <i>Знает:</i> законы одно- и многофазной фильтрации; виды фильтрационных течений; способы задания большинства свойств модели в гидродинамическом симуляторе, структуру входных/выходных файлов, способы запуска расчетов и выгрузки/визуализации результатов. <i>Умеет:</i> применять законы теории фильтрации для решения практических задач; создавать гидродинамические модели, проводить численное моделирование гидродинамических моделей, анализировать результаты численного моделирования, экспериментальными методами определять фильтрационно-ёмкостные характеристики породы; оформлять полученные результаты в виде таблиц, графиков, чертежей, схем с использованием современного программного и аппаратного обеспечения.</p> <p>Повышенный уровень (отл.): <i>Знает:</i> законы одно- и многофазной фильтрации; виды фильтрационных течений; точные решения простейших задач; способы задания свойств модели в гидродинамическом симуляторе, структуру входных/выходных файлов, способы запуска расчетов и выгрузки/визуализации результатов. <i>Умеет:</i> применять законы теории фильтрации для решения практических задач; создавать гидродинамические модели; проводить численное моделирование гидродинамических моделей; анализировать результаты численного моделирования, экспериментальными методами определять фильтрационно-ёмкостные характеристики породы; оформлять полученные результаты в виде статей и тезисов конференций с использованием современного программного и аппаратного обеспечения.</p>	<p>по итогу лабораторных работ</p>	<p>ность оформления отчёта по итогу лабораторных работ. Экзамен: правильность ответов на вопросы. Полнота и правильность ответов на дополнительные вопросы преподавателя.</p>
--	---	------------------------------------	---

2	ПК-2: способен применять методы аналитических исследований в соответствующей области знаний.	<p>Пороговый уровень (удовл.): <i>Знает:</i> основные законы теории фильтрации; способы задания некоторых свойств модели в гидродинамическом симуляторе. <i>Умеет:</i> создавать отдельные элементы гидродинамических моделей; проводить численное моделирование готовых гидродинамических моделей.</p> <p>Базовый уровень (хор.): <i>Знает:</i> законы одно- и многофазной фильтрации; виды фильтрационных течений; способы задания большинства свойств модели в гидродинамическом симуляторе, структуру входных/выходных файлов, способы запуска расчетов и выгрузки/визуализации результатов. <i>Умеет:</i> создавать гидродинамические модели; проводить численное моделирование гидродинамических моделей; анализировать результаты численного моделирования.</p> <p>Повышенный уровень (отл.): <i>Знает:</i> законы одно- и многофазной фильтрации; виды фильтрационных течений; точные решения простейших задач; способы задания свойств модели в гидродинамическом симуляторе, структуру входных/выходных файлов, способы запуска расчетов и выгрузки/визуализации результатов. <i>Умеет:</i> создавать гидродинамические модели; проводить численное моделирование гидродинамических моделей; анализировать результаты численного моделирования.</p>	Экзаменационные вопросы, лекционный теоретический материал, отчет по итогу лабораторных работ	Наличие конспекта по лекционному материалу. Правильность выполнения лабораторных работ; грамотность оформления отчета по итогу лабораторных работ. Экзамен: правильность ответов на вопросы. Полнота и правильность ответов на дополнительные вопросы преподавателя.
---	--	--	---	--

7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

7.1. Основная литература:

1. Каневская, Р.Д. Математическое моделирование гидродинамических процессов разработки месторождений углеводородов / Р.Д. Каневская. — Москва, Ижевск: Институт компьютерных исследований, 2019. — 128 с. — ISBN 978-5-4344-0797-7. — Текст: электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS: [сайт]. — URL: <http://www.iprbookshop.ru/92049.html> (дата обращения: 12.05.2021). — Режим доступа: для авторизир. пользователей.

7.2. Дополнительная литература:

1. Подземная гидромеханика / К.С. Басниев, Н.М. Дмитриев, Р.Д. Каневская, В.М. Максимов. — 2-е изд. — Москва, Ижевск: Институт компьютерных исследований, 2019. — 488 с. — ISBN 978-5-4344-0605-5. — Текст: электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS: [сайт]. — URL: <http://www.iprbookshop.ru/91980.html> (дата обращения: 12.05.2021). — Режим доступа: для авторизир. пользователей.

2. Федоров, К.М. Фильтрационные течения с физико-химическими превращениями в задачах нефтегазовой механики: учебное пособие / К.М. Федоров, Н.Г. Мусакаев, Т.А. Кремлева. — Тюмень: Изд-во Тюм. гос. ун-та, 2017. — 2-Лицензионный договор № 572/2017-12-01. — Доступ по паролю из сети Интернет (чтение). — URL: https://library.utmn.ru/dl/PPS/Fedorov_Musakaev_Kremleva_572_UP_2017.pdf (дата обращения: 12.05.2021).

3. 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: 12.05.2021).

7.3. Интернет-ресурсы:

Иванов М.К., Бурлин Ю.К., Калмыков Г.А., Карнюшина Е.Е., Коробова Н.И. Петрофизические методы исследования ядерного материала. (Терригенные отложения): Учебное пособие в 2-х книгах. — М.: Изд-во Моск. ун-та, 2008. 112 стр. — <https://www.geokniga.org/bookfiles/geokniga-ivanovpetrofizkernal2008.pdf> (дата обращения: 12.05.2021).

7.4. Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы:

1. <http://elibrary.ru/defaultx.asp>
2. <https://bmk.utmn.ru/ru/>
3. <http://www.iprbookshop.ru/>
4. <https://e.lanbook.com/>
5. <https://znanium.com/>

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


- Лицензионное ПО, в том числе отечественного производства: tNavigator, платформа для электронного обучения Microsoft Teams.
- ПО, находящееся в свободном доступе, в том числе отечественного производства: OpenFoam.

9. Технические средства и материально-техническое обеспечение дисциплины

- Учебные аудитории для проведения лекций, оснащённые мультимедийным оборудованием;
- Компьютерный класс с предустановленным специализированным ПО;
- Лаборатории, оснащённые лабораторным оборудованием (установки УНК-11, ПИК-АП-3000 и ПИК-ОФП/ЭП-3, центрифуга Цн-12, АДЖ-2, а также приборы для определения плотности и вязкости).

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«ТЮМЕНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

УТВЕРЖДАЮ
Заместитель директора
Физико-технического института
по учебной работе


_____ С.А. Креков
« 23 » 06. _____ 2021 г.

ФИЗИКА КРИОГЕННЫХ ПРОЦЕССОВ

Рабочая программа дисциплины
для обучающихся по направлению подготовки
16.03.01 Техническая физика
Профиль: Техническая физика в нефтегазовых технологиях
форма обучения: очная

Шастунова У.Ю. Физика криогенных процессов. Рабочая программа дисциплины для обучающихся по направлению подготовки 16.03.01 Техническая физика, профиль: Техническая физика в нефтегазовых технологиях, форма обучения очная. Тюмень, 2021.

Рабочая программа дисциплины опубликована на сайте ТюмГУ: <https://www.utmn.ru/sveden/education/#>.

© Тюменский государственный университет, 2021.

© Шастунова У.Ю., 2021.

1. Пояснительная записка

Целью дисциплины «Физика криогенных процессов» является формирование у студентов знаний по основам геокриологии, методам и средствам геокриологических исследований.

Задачи учебного курса:

- познакомить студентов со структурой и научными направлениями геокриологии;
- познакомить студентов с термодинамическими условиями развития мерзлых пород;
- познакомить студентов с теплофизическими процессами в промерзающих и оттаивающих породах;
- познакомить студентов с физическими и механическими свойствами мерзлых пород;
- познакомить студентов с проблемами освоения криолитозоны в связи с возможным глобальным потеплением климата.

1.1. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Данная дисциплина входит в блок Б1 Дисциплины (модули), часть, формируемая участниками образовательных отношений.

Для изучения данного курса обучающимся необходимы знания и умения, приобретенные в ходе освоения дисциплин «Молекулярная физика», «Математический анализ», «Высшая математика», «Теплообмен сложных систем», «Теплофизика».

1.2. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения данной дисциплины

Таблица 1

Код и наименование компетенции (из ФГОС ВО)	Код и наименование части компетенции	Планируемые результаты обучения (знаниевые/функциональные)
ПК-2: способен применять методы аналитических исследований в соответствующей области знаний	–	<p>Знает</p> <ul style="list-style-type: none"> – термодинамические условия развития мерзлых пород, – физические, теплофизические и механические процессы в мерзлых породах, – теплофизические и механические свойства мерзлых пород, – теплофизические закономерности сезонного и многолетнего промерзания и протаивания мерзлых пород с учетом геологических и географических условий
		<p>Умеет</p> <ul style="list-style-type: none"> – составить региональные и локальные тепловые балансы, – поставить и решить задачи о промерзании (протаивании) грунта, – определить теплообороты и глубину сезонного промерзания (протаивания) пород, – оценить пучение промерзающих и оттаивающих дисперсных пород

2. Структура и объем дисциплины

Таблица 2

Вид учебной работы	Всего часов (академические часы)	Часов в семестре (академические часы)
		7 семестр
Общий объем зач. ед. час	5	5
	180	180
Из них:		
Часы аудиторной работы (всего):	82	82
Лекции	34	34
Практические занятия	46	46
Лабораторные / практические занятия по подгруппам	0	0
Консультации и иная контактная работа	2	2
Часы внеаудиторной работы, включая самостоятельную работу обучающегося	98	98
Вид промежуточной аттестации		Экзамен

3. Система оценивания

3.1. На учебных занятиях оценивается работа студентов в аудитории на практических занятиях (0-10 баллов за занятие). Под работой на практических занятиях подразумевается активная беседа с преподавателем, самостоятельное выполнение заданий, выданных преподавателем.

На одном учебном семинаре проходит защита рефератов (0-5 баллов). Студенты предлагается самостоятельно изучить одну из предложенных преподавателем тем и подготовить доклад с презентацией по изученной теме.

На заключительном практическом занятии проводится защита проекта (0-25 баллов). Студенту предлагается самостоятельно разработать компьютерную программу, с помощью которой изучается нестационарное температурное поле грунтов (мерзлого грунта, вечномерзлого грунта, грунта сезонного замерзания и протаивания и др.). На семинаре проходит демонстрация компьютерной программы и ее тестирование, определение ее возможностей.

Форма промежуточной аттестации по дисциплине – экзамен. Предусматривается выставление экзамена автоматом при наборе определенного количества баллов:

"неудовлетворительно" – 50% пропусков учащегося на практических и лекционных занятиях;

"удовлетворительно" – не менее 65 баллов;

"хорошо" – не менее 81 балл.

Студентам, претендующим на отметку «отлично», необходимо обязательно сдавать экзамен.

4. Содержание дисциплины

4.1. Тематический план дисциплины

Таблица 3

№ п/п	Наименование тем и/или разделов	Объем дисциплины, час.				
		Всего	Виды аудиторной работы (академические часы)			Консультации и иная контактная работа
			Лекции	Практические занятия	Лабораторные/ практические занятия по подгруппам	
1	2	3	4	5	6	7
1.	Понятие о геокриологии	8	4	0	0	0
2.	Термодинамические условия развития мёрзлых пород	16	8	0	0	0
3.	Термодинамика и механика равновесия фаз воды в дисперсных системах	14	0	6	0	0
4.	Процессы режеляции	14	0	6	0	0
5.	Тепло- и массообмен в промерзающих и протаивающих горных породах	16	8	0	0	0
6.	Задача Стефана	14	0	6	0	0
7.	Миграционные процессы и теоретические модели льдонакопления в промерзающих дисперсных породах	18	0	8	0	0
8.	Физические и механические процессы в промерзающих, мёрзлых и протаивающих породах	12	6	0	0	0
9.	Баротермический эффект в мёрзлых дисперсных породах и температурный режим мёрзлых толщин	14	0	6	0	0

10.	Сезонное промерзание и протаивание горных пород. Основы рационального освоения территорий криолитозоны	16	8	0	0	0
11.	Обобщённая модель теплопереноса и деформирования промерзающих и оттаивающих пород при действии нагружения	18	0	8	0	0
12.	Механические свойства мёрзлых грунтов	18	0	6	0	0
	Экзамен	2	0	0	0	2
	Итого (часов)	180	34	46	0	2

4.2. Содержание дисциплины по темам

Тема 1. Понятие о геокриологии.

- Проблемная лекция.

Введение. Место геокриологии среди других наук. Краткий очерк истории изучения криолитозоны и слагающих ее пород. Подразделение мерзлых пород по продолжительности их существования. Глубина и сплошность промерзания пород по вертикали. Распространение мерзлых пород по площади. Южная и высотная границы распространения мерзлых толщ. Мерзлые горные породы – естественно-исторические геологические образования.

Тема 2. Термодинамические условия развития мерзлых пород.

- Проблемная лекция.

Источники энергии, определяющие тепловое состояние земли. Излучение, поглощение и отражение лучистой энергии. Энергетический (тепловой) баланс Земли. Изменение прихода и расхода энергии в тепловом балансе земли и их влияние на климат. Региональные и локальные тепловые балансы. Температурное поле горных пород и его характеристика. Теплообмен и теплообороты.

Тема 3. Термодинамика и механика равновесия фаз воды в дисперсных системах.

- Исследовательский семинар.

Краткий исторический очерк. Условия равновесия влаги в мёрзлых породах как результат искривления межфазной поверхности. Расклинивающее давление между поверхностями, разделенными жидкой прослойкой. Влияние поверхностных сил на растворимость веществ в жидкой прослойке. Общие условия равновесия фаз при действии расклинивающего давления. Равновесие фаз между плоскими поверхностями. Равновесие сферического зародыша льда в переохлажденной жидкости. Равновесие фаз вблизи искривленных поверхностей. Функция расклинивающего давления льда и плавление малых частиц. Функция расклинивающего давления минеральной поверхности. Вычисления кривой незамерзшей воды реальных пород. Условия фазового равновесия лед-пленка-пар. Баланс напряжений в компонентах дисперсной породы.

Тема 4. Процессы режеляции.

- Исследовательский семинар.

Режеляционное движение твердых тел элементарной формы. Режеляционное движение льда сквозь модельный грунт. Эволюция жидких включений при учете деформаций льда.

Замерзание пресного включения. Движение пресного включения в жестком льду. Замерзание и движение пресного включения. Перемещение соленого включения в жестком льду. Замерзание (плавление) на границах соленого включения. Замерзание (плавление) на границах и движение солёного включения. Изменение формы включения. О причинах блуждания криопэггов. О способе получения пресной воды из больших массивов льда. Об изменении размеров воздушных включений по глубине Антарктического льда.

Тема 5. Тепло- и массообмен в промерзающих и протаивающих горных породах.

- Проблемная лекция.

Теплофизические процессы в промерзающих и протаивающих породах. Законы Фурье. Постановка задачи о промерзании (протаивании) однородного грунта с образованием границы раздела фаз (задача Стефана). Постановка задачи о промерзании и протаивании пород в спектре температур (с образованием зоны промерзания). Решение классической задачи Стефана. Формула Стефана для определения глубины сезонного и многолетнего промерзания. Определение глубин сезонного и многолетнего промерзания (протаивания) пород по методу Л.С. Лейбензона. Приближенные формулы В.А. Кудрявцева для определения теплооборотов и глубин сезонного промерзания (протаивания) пород.

Тема 6. Задача Стефана.

- Исследовательский семинар.

Расчет температурного поля грунта. Создание компьютерной программы.

Тема 7. Миграционные процессы и теоретические модели льдонакопления в промерзающих дисперсных породах.

- Исследовательский семинар.

Развитие представлений о миграционных процессах и схемах их теоретического описания. Качественная картина и движущий механизм миграции. Теоретическое описание стационарного процесса миграции. Текстурирование в промерзающих грунтах. Качественная картина. Теоретическая модель образования слоистой текстуры в квазистационарной постановке. Процедура расчета. Экспериментальное определение параметров слоистой текстуры. Сравнение с результатами расчетов. Полная схема О'Нейла-Миллера. Сравнение результатов расчета с квазистационарным аналогом. Моделирование промерзания массива породы и общие закономерности льдонакопления.

- Защита рефератов в виде доклада с презентацией.

Примерные темы рефератов:

1. История изучения криолитозоны в Тюмени.
2. Южная граница распространения мерзлых толщ в УрФО.
3. Теплообмен и теплообороты на севере Тюменской области.
4. Методы решения задачи о промерзании и протаивании пород в спектре температур (с образованием зоны промерзания).
5. Методы решения задачи о промерзании и протаивании пород в спектре температур с миграцией влаги.
6. Опыт применения приближенных формул В.А. Кудрявцева для определения теплооборотов и глубин сезонного промерзания (протаивания) пород.
7. Теплофизические свойства горных пород Западной Сибири.
8. Механические свойства мерзлых пород Западной Сибири.
9. Типы сезонного промерзания и протаивания горных пород Тюменской области.
10. Рациональное использование мерзлых пород при освоении криолитозоны Западной Сибири.
11. Региональные преобразования природной среды при освоении крупных территорий криолитозоны севера Тюменской области.
12. Проблемы освоения криолитозоны в связи с возможным глобальным потеплением климата применительно к Тюменской области.

Тема 8. Физические и механические процессы в промерзающих, мерзлых и протаивающих породах.

- Проблемная лекция.

Температурные деформации льда и дисперсных мерзлых пород. Теплофизические свойства горных пород. Механические свойства мерзлых пород.

Тема 9. Баротермический эффект в мерзлых дисперсных породах и температурный режим мерзлой толщи.

- Исследовательский семинар.

Методика и результаты эксперимента. Объяснение результатов эксперимента и анализ влияющих факторов. Уравнения переноса тепла и массы в мерзлой зоне. Аналитические оценки качественного поведения. Нижний горизонт избыточной льдистости. Аномальное распределение температуры в реликтовом слое.

Тема 10. Сезонное промерзание и протаивание горных пород. Основы рационального освоения территорий криолитозоны.

- Проблемная лекция.

Формирование слоя сезонного промерзания и протаивания пород. Типы сезонного промерзания и протаивания горных пород. Влияние ландшафтно-климатических факторов на температурный режим и глубины сезонного промерзания и протаивания пород. Общие положения по рациональному использованию мерзлых пород при освоении криолитозоны. Региональные преобразования природной среды при освоении крупных территорий криолитозоны. Принципы использования многолетнемерзлых грунтов в качестве оснований инженерных сооружений. Принципы расчета оснований и выбор конструкций фундаментов, сооружаемых на мерзлых грунтах. Рациональное использование криолитозоны для целей горнодобывающей промышленности и подземного строительства. Проблемы освоения криолитозоны в связи с возможным глобальным потеплением климата.

Тема 11. Обобщенная модель теплопереноса и деформирования промерзающих и оттаивающих пород при действии нагружения.

- Исследовательский семинар.

Уравнения обобщенной модели. Комментарии к уравнениям. Текстурирование в условиях несвязности порового льда с телом линзы. Влияние граничного давления в жидкой фазе на процессы в мерзлом образце. Консолидируемые среды.

Тема 12. Механические свойства мерзлых грунтов.

- Исследовательский семинар.

Исследование механических и физических свойств грунтов на лабораторном оборудовании. Экспериментальное определение влажности грунта. Изучение температурное поля грунта. Выполнение лабораторной работы по определению теплового поля оттаявшего грунта.

- На заключительном семинаре проводится защита проекта в виде демонстрации разработанной компьютерной программы и ее тестирования, определения ее возможностей.

Темы проектов:

1. Самостоятельно разработать компьютерную программу, благодаря которой можно изучать нестационарное температурное поле мерзлого грунта.
2. Самостоятельно разработать компьютерную программу, благодаря которой можно изучать нестационарное температурное поле грунта сезонного оттаивания и промерзания.
3. Самостоятельно разработать компьютерную программу, благодаря которой можно изучать нестационарное температурное поле вечномерзлого грунта.
4. Самостоятельно разработать компьютерную программу, благодаря которой можно изучать нестационарное температурное поле глинистых грунтов.
5. Самостоятельно разработать компьютерную программу, благодаря которой можно изучать нестационарное температурное поле песчаника.

6. Самостоятельно разработать компьютерную программу, благодаря которой можно изучать нестационарное температурное поле горной породы.

7. Самостоятельно разработать компьютерную программу, благодаря которой можно изучать нестационарное температурное поле грунта морских отложений

8. Самостоятельно разработать компьютерную программу, благодаря которой можно изучать нестационарное температурное поле грунта, состоящего из нескольких пород (породы выбрать самостоятельно).

5. Учебно-методическое обеспечение и планирование самостоятельной работы обучающихся

Таблица 4

№ Темы	Темы	Формы СРС, включая требования к подготовке к занятиям
1.	Понятие о геокриологии	Чтение основной и дополнительной литературы. Подготовка доклада с презентацией.
2.	Термодинамические условия развития мёрзлых пород	Чтение основной и дополнительной литературы. Подготовка доклада с презентацией.
3.	Термодинамика и механика равновесия фаз воды в дисперсных системах	Проработка лекций. Подготовка доклада с презентацией. Подготовка проекта.
4.	Процессы режеляции	Проработка лекций. Подготовка доклада с презентацией. Подготовка проекта.
5.	Тепло- и массообмен в промерзающих и протаивающих горных породах	Чтение основной и дополнительной литературы. Подготовка доклада с презентацией.
6.	Задача Стефана	Проработка лекций. Подготовка доклада с презентацией. Подготовка проекта.
7.	Миграционные процессы и теоретические модели льдонакопления в промерзающих дисперсных породах	Проработка лекций. Подготовка доклада с презентацией. Подготовка проекта.
8.	Физические и механические процессы в промерзающих, мёрзлых и протаивающих породах	Чтение основной и дополнительной литературы.
9.	Баротермический эффект в мёрзлых дисперсных породах и температурный режим мёрзлых толщин	Проработка лекций. Подготовка проекта.
10.	Сезонное промерзание и протаивание горных пород. Основы рационального освоения территорий криолитозоны	Чтение основной и дополнительной литературы.
11.	Обобщённая модель тепломассопереноса и деформирования промерзающих и оттаивающих пород при действии нагружения	Проработка лекций. Подготовка проекта.
12.	Механические свойства мёрзлых грунтов	Проработка лекций. Подготовка проекта.

6. Промежуточная аттестация по дисциплине

6.1. Оценочные материалы для проведения промежуточной аттестации по дисциплине

Экзамен проводится в устной форме.

Обязательным условием сдачи экзамена является сдача проекта и защита реферата, запланированных в учебной дисциплине.

Экзаменационный билет состоит из двух вопросов. Отметка выставляется после беседы с преподавателем, в которой преподаватель уточняет полноту знаний учащегося.

Примерные вопросы для подготовки к экзамену:

1. Понятие о геокриологии. Место геокриологии среди других наук.
2. Краткий очерк истории изучения криолитозоны и слагающих ее пород.
3. Подразделение мерзлых пород по продолжительности их существования. Глубина и сплошность промерзания пород по вертикали. Распространение мерзлых пород по площади. Южная и высотная границы распространения мерзлых толщ.
4. Мерзлые горные породы – естественно-исторические геологические образования.
5. Термодинамические условия развития мерзлых пород. Источники энергии, определяющие тепловое состояние земли.
6. Излучение, поглощение и отражение лучистой энергии.
7. Энергетический (тепловой) баланс Земли. Изменение прихода и расхода энергии в тепловом балансе земли и их влияние на климат.
8. Региональные и локальные тепловые балансы.
9. Температурное поле горных пород и его характеристика. Теплообмен и теплообороты.
10. Теплофизические процессы в промерзающих и протаивающих породах.
11. Законы Фурье.
12. Постановка задачи о промерзании (протаивании) однородного грунта с образованием границы раздела фаз (задача Стефана).
13. Постановка задачи о промерзании и протаивании пород в спектре температур (с образованием зоны промерзания).
14. Решение классической задачи Стефана.
15. Формула Стефана для определения глубины сезонного и многолетнего промерзания. Определение глубин сезонного и многолетнего промерзания (протаивания) пород по методу Л.С. Лейбензона.
16. Приближенные формулы В.А. Кудрявцева для определения теплооборотов и глубин сезонного промерзания (протаивания) пород.
17. Природа и механизм миграции влаги и дисперсных пород.
18. Влагоперенос и льдовыделение в мерзлых породах. Влагоперенос и льдовыделение в мерзлых породах под действием градиента температуры.
19. Влагоперенос в мерзлых породах при их взаимодействии с воздушной средой. Особенности влагопереноса и льдообразования в мерзлых породах под действием градиента механических напряжений, электрического поля и других внешних сил. Миграция влаги и льдообразование в мерзлых породах под и именем градиента электрического поля.
20. Влагоперенос и льдовыделение в промерзающих и протаивающих породах.
21. Пучение промерзающих и оттаивающих дисперсных пород.
22. Температурные деформации льда и мерзлых дисперсных пород.
23. Теплофизические свойства мерзлых пород.
24. Влагопроводность дисперсных пород.
25. Упругие свойства мерзлых пород.
26. Формирование слоя сезонного промерзания и протаивания пород.
27. Типы сезонного промерзания и протаивания горных пород.

28. Влияние ландшафтно-климатических факторов на температурный режим и глубины сезонного промерзания и протаивания пород.

29. Общие положения по рациональному использованию мерзлых пород при освоении криолитозоны.

30. Проблемы освоения криолитозоны в связи с возможным глобальным потеплением климата.

31. Региональные преобразования природной среды при освоении крупных территорий криолитозоны.

32. Рациональное использование криолитозоны при различных видах строительства. Дорожное строительство. Магистральные трубопроводы.

33. Особенности строительства в криолитозоне водопроводных и канализационных трубопроводов, аэродромных покрытий. Гидротехнических сооружений.

34. Лед как строительный материал. Рациональное использование криолитозоны для целей горнодобывающей промышленности и подземного строительства.

35. Принципы использования многолетнемерзлых грунтов в качестве оснований инженерных сооружений. Способ обеспечения устойчивости сооружения путем сохранения мерзлого состояния грунтов основания (или его ужесточения). Способ обеспечения устойчивости сооружений ограничением оттаивания многолетнемерзлых грунтов основания.

6.2. Критерии оценивания компетенций:

Таблица 5

Карта критериев оценивания компетенций

№ п/п	Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенций, соотнесенные с планируемыми результатами обучения	Оценочные материалы	Критерии оценивания
1.	ПК-2: способен применять методы аналитических исследований в соответствующей области знаний	<p>Пороговый уровень освоения ОП (удовл.):</p> <p>Знает:</p> <ul style="list-style-type: none"> – физические, теплофизические и механические процессы в мерзлых породах, свойства мерзлых пород; – математические основы теплофизических расчетов теплофизических процессов в горных породах. <p>Умеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> – самостоятельно проводить исследовательскую деятельность; – поставить и решить задачи о промерзании (протаивании) грунта, определить теплообороты и глубину сезонного промерзания (протаивания) пород. <p>Базовый уровень (хор.):</p> <p>Знает:</p> <ul style="list-style-type: none"> – термодинамические условия развития мерзлых пород; – приемы решения конкретных задач из разных областей геокриологии, помогающих в дальнейшем решать инженерные задачи. 	Выполнение реферата, защита компьютерной программы, экзамен.	Интенсивность использования дополнительных источников при подготовке реферата, авторитетность используемых источников, полнота раскрытия темы в реферате. Корректность уравнений и конечно-разностной схемы, используемой в программе, адекватность результатов работы программы. Экзамен: правильность ответов на вопросы,

		<p>Умеет: – создавать физико-математические модели объектов; – оценить пучение промерзающих и оттаивающих дисперсных пород.</p> <p>Повышенный уровень (отл.):</p> <p>Знает: – теплофизические закономерности сезонного и многолетнего промерзания и протаивания мерзлых пород с учетом геологических и географических условий; – компьютерные программы, применяемыми при расчетах и прогнозировании состояния грунтов и горных пород.</p> <p>Умеет: – интерпретировать полученные результаты с учетом границ применимости моделей; – составить региональные и локальные тепловые балансы.</p>	<p>ссылки на дополнительные источники при ответе.</p>
--	--	--	---

7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

7.1. Основная литература:

Пендин, В.В. Мерзлотоведение: учебное пособие / В.В. Пендин, В.О. Подборская, Т.П. Дубина. — 2-е изд., испр. — Санкт-Петербург: Лань, 2017. — 172 с. — ISBN 978-5-8114-2433-7. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/92655> (дата обращения: 12.05.2021). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

7.2. Дополнительная литература:

Вакулин, А.А. Основы геокриологии: учебное пособие / А.А. Вакулин. — 2-е изд. — Тюмень: ТюмГУ, 2011. — 220 с. — ISBN 978-5-400-00460-5. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/110033> (дата обращения: 12.05.2021). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

7.3. Интернет-ресурсы:

1. Образовательные ресурсы «Единое окно» <http://window.edu.ru/window/library>
2. Справочники и энциклопедии по физике <http://www.all-fizika.com/>

7.4. Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы:

1. <https://e.lanbook.com>
2. <https://znanium.com>
3. http://www.trmost.ru/lib-main.shtml?all_books
4. <http://biblioclub.ru>

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

- **Лицензионное ПО, в том числе отечественного производства:**
платформа для электронного обучения Microsoft Teams, офисный пакет Microsoft Office, интегрированная среда разработки Microsoft Visual Studio.

По желанию студента (в зависимости от предпочитаемого языка программирования) возможно использование следующих IDE:

- **ПО, находящееся в свободном доступе, в том числе отечественного производства:**
JetBrains PyCharm Edu, Java JDK 8.

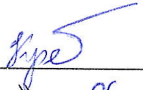
9. Технические средства и материально-техническое обеспечение дисциплины

Для проведения лекций требуется мультимедийная аудитория, оснащенная учебной мебелью, доской аудиторной меловой или маркерной, мультимедийным проекционным и акустическим оборудованием и персональным компьютером с выходом в сеть Интернет.

Для проведения практических занятий требуется компьютерный класс, оснащенный учебной мебелью, доской аудиторной меловой или маркерной, мультимедийным проекционным и акустическим оборудованием, персональными компьютерами, объединенными локальной сетью и подключенными к сети Интернет.

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«ТЮМЕНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

УТВЕРЖДАЮ
Заместитель директора
Физико-технического института
по учебной работе


_____ С.А. Креков
« 23 » 06. _____ 2021 г.

ПРОМЫСЛОВАЯ ХИМИЯ
Рабочая программа дисциплины
для обучающихся по направлению подготовки
16.03.01 Техническая физика
Профиль: Техническая физика в нефтегазовых технологиях
форма обучения: очная

Томчук Н.Н. Промысловая химия. Рабочая программа дисциплины для обучающихся по направлению подготовки 16.03.01 Техническая физика, профиль: Техническая физика в нефтегазовых технологиях, форма обучения очная. Тюмень, 2021.

Рабочая программа дисциплины опубликована на сайте ТюмГУ:
<https://www.utmn.ru/sveden/education/#>

© Тюменский государственный университет, 2021.

© Томчук Н.Н., 2021.

1. Пояснительная записка

Цель дисциплины состоит в изучении химических веществ и композиций на их основе, методов и приемов их использования для решений задач нефтехимии применительно к нефтепромысловому производству, многие из которых могут быть изменяющимися по масштабам производства, его интенсивности и условиям эксплуатации.

Задачи дисциплины:

- формирование знаний о номенклатуре и терминологии в нефтепромысловом деле; об ассортименте реагентов, применяемых в практике нефтепромыслового дела;
- формирование умений выполнять расчеты свойств пластовых жидкостей и химических реагентов;
- формирование навыков разработки рекомендаций по применению химических реагентов с целью повышения эффективности процессов добычи, сбора и подготовки нефти.
- формирование представлений о взаимосвязи дисциплины с другими химическими, физическими, экономическими и экологическими дисциплинами, освоения навыков экспериментальной работы.

1.1. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Данная дисциплина входит в блок Б1 Дисциплины (модули), часть, формируемая участниками образовательных отношений.

Для освоения данной дисциплины необходимы знания, полученные в ходе изучения дисциплин «Общая химия», «Молекулярная физика», «Основы геологии и геофизики».

Знания, полученные в ходе изучения дисциплины «Промысловая химия», необходимы для изучения следующих дисциплин: «Гидродинамические исследования скважин» и «Тепловые двигатели», а также могут способствовать решению задач научно-исследовательского проекта и выпускной квалификационной работы.

1.2. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения данной дисциплины

Таблица 1

Код и наименование компетенции (из ФГОС ВО)	Код и наименование части компетенции	Планируемые результаты обучения (знаниевые/функциональные)
ПК-1: способен применять методы проведения экспериментов в соответствующей области знаний, оформлять результаты научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ	–	<p>Знает</p> <ul style="list-style-type: none"> • возможности и ограничения различных технологий нефтедобычи; • основы подбора компонентного состава соответствующих технологических жидкостей; • эффективные методы испытаний и способы обработки экспериментальных данных.
		<p>Умеет</p> <ul style="list-style-type: none"> • проводить информационный поиск по теме исследования; • обрабатывать, анализировать информацию об объектах и экспериментальные данные с использованием современных технических средств и программ.

2. Структура и объем дисциплины

Таблица 2

Вид учебной работы	Всего часов (академические часы)	Часов в семестре (академические часы)
		7 семестр
Общий объём зач. ед. час	4	4
	144	144
Из них:		
Часы контактной работы (всего):	70	70
Лекции	24	24
Практические занятия	0	0
Лабораторные / практические занятия по подгруппам	44	44
Консультации и иная контактная работа	2	2
Часы внеаудиторной работы, включая самостоятельную работу обучающегося	74	74
Вид промежуточной аттестации		Экзамен

3. Система оценивания

3.1. Оценивание достижений, обучающихся в течение семестра осуществляется на основе балльной-рейтинговой системы (100-балльная шкала).

Для успешного освоения дисциплины студентам необходимо защитить 5 лабораторных работ и решить 2 контрольные работы.

Критерии оценивания лабораторных работ:

1. Сдача допуска по выполнению лабораторной работе (0-2 балл).
2. Корректно проведены измерения необходимых величин (0-2 балл).
3. Корректно проведены расчёты и вычислены погрешности (0-2 балл).
4. Защита лабораторной работы, предоставление отчёта, ответы на контрольные вопросы (0-5 балла).

За решение каждой контрольной работы можно получить до 20 баллов.

Также на аудиторных занятиях преподаватель может выставить дополнительные баллы в качестве поощрения по своему усмотрению.

Форма промежуточной аттестации по дисциплине — экзамен. Студенты, набравшие в течение семестра 61-75 баллов, аттестуются с оценкой «удовлетворительно», 76-90 баллов — «хорошо», 91 и более — с оценкой «отлично». Студенты, набравшие менее 61 балла, приглашаются на экзамен.

4. Содержание дисциплины

4.1. Тематический план дисциплины

Таблица 3

№ п/п	Наименование тем и/или разделов	Объем дисциплины, час				
		Всего	Виды аудиторной работы (академические часы)			Консультации и иная контактная работа
			Лекции	Практические занятия	Лабораторные/ практические занятия по подгруппам	
1	2	3	4	5	6	7
1.	Промысловая химия	6	2	0	0	0
2.	Плотность пластовых и технологических жидкостей	8	0	0	8	0
3.	Бурение	4	2	0	0	0
4.	Добыча нефти	8	2	0	0	0
5.	Интенсификация добычи нефти	8	2	0	0	0
6.	Вязкость пластовых и технологических жидкостей	8	0	0	8	0
7.	Ремонт скважин	4	2	0	0	0
8.	Нефтеотдача пластов	4	2	0	0	0
9.	Осложнения в нефтедобыче	8	2	0	0	0
10.	Методы увеличения нефтеотдачи	8	0	0	2	0
11.	Подготовка пластовых и закачиваемых флюидов. Транспорт нефти	8	2	0	0	0
12.	Реологические параметры пластовых и технологических жидкостей	12	0	0	6	0
13.	Промысловые реагенты на основе органических веществ	8	2	0	0	0
14.	Промысловые реагенты на основе неорганических веществ	4	2	0	0	0
15.	Коррозионная активность пластовых и технологических жидкостей	8	0	0	2	0

16.	Поверхностно-активные вещества в нефтедобыче	4	2	0	0	0
17.	Коррозия нефтепромыслового оборудования	16	0	0	8	0
18.	Полимеры в нефтедобыче	4	2	0	0	0
19.	Эмульсии в нефтепромысловом деле	8	0	0	8	0
20.	Нефтепромысловые реагенты	4	0	0	2	0
	Экзамен	2	0	0	0	2
	Итого (часов)	144	24	0	44	2

4.2. Содержание дисциплины по темам

1. Промысловая химия (лекция)

- Значение химической промышленности для технического прогресса и удовлетворения потребностей нефтегазодобывающей отрасли.

- Основные понятия и определения.

2. Плотность пластовых и технологических жидкостей (лабораторное занятие)

- Методы определения плотности пластовых флюидов и технологических жидкостей для процессов добычи нефти.

- Подготовка к лабораторной работе № 1: знакомство с теоретическими основами, методиками и средствами измерений.

3. Бурение (лекция)

- Технологические жидкости для процессов бурения.

- Плотность пластовых и технологических жидкостей (лабораторная работа).

- Лабораторная работа № 1. Методы определения плотности пластовых флюидов и технологических жидкостей для процессов добычи нефти. Ареометр, пикнометр, рычажные весы.

4. Добыча нефти (лекция)

- Химреагенты и технологические жидкости для процессов добычи нефти.

- Методы определения плотности пластовых флюидов и технологических жидкостей для процессов добычи нефти.

5. Интенсификация добычи нефти (лекция)

- Химреагенты и технологические жидкости для интенсификации добычи нефти.

6. Вязкость пластовых и технологических жидкостей (лабораторное занятие)

- Определение вязкости пластовых и технологических жидкостей. Подготовка к лабораторной работе № 2: знакомство с теоретическими основами, методиками и средствами измерений.

7. Ремонт скважин (лекция)

- Химреагенты и технологические жидкости для ремонта скважин

- Лабораторная работа № 2. Определение условной и кинематической вязкости пластовых и технологических жидкостей.

8. Нефтеотдача пластов (лекция)

- Химреагенты и технологические жидкости для повышения нефтеотдачи пластов

- Защита лабораторной работы № 2.

- Подготовка к контрольной работе № 1.

9. Осложнения в нефтедобыче (лекция)

- Химреагенты и композиции на их основе для предотвращения осложнений при добыче и транспорте нефти.

10. Методы увеличения нефтеотдачи (лабораторное занятие)

- Контрольная работа № 1.

Пример варианта контрольной работы № 1

1. Определить концентрацию (%) и моляльность раствора, полученного при сливании 200 мл 50% раствора серной кислоты, плотностью $1,40 \text{ г/см}^3$ с 2 л 10,6% раствора серной кислоты плотностью $1,07 \text{ г/см}^3$.

2. Рассчитать навеску гидрата хлорида кальция $\text{CaCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ для приготовления 1 л раствора с плотностью $1,18 \text{ г/см}^3$.

11. Подготовка пластовых и закачиваемых флюидов. Транспорт нефти (лекция)

- Химреагенты для подготовки воды и нефти.

12. Реологические параметры пластовых и технологических жидкостей (лабораторное занятие)

- Определение реологических параметров пластовых и технологических жидкостей. Лабораторная работа № 3.

13. Промысловые реагенты на основе органических веществ (лекция)

- Применение органических веществ в составе технологических жидкостей для процессов добычи нефти.

- Реологические параметры пластовых и технологических жидкостей.

- Защита лабораторной работы № 3.

14. Промысловые реагенты на основе неорганических веществ (лекция)

- Применение неорганических веществ в составе технологических жидкостей для процессов добычи нефти.

15. Коррозионная активность пластовых и технологических жидкостей (лабораторное занятие)

- Определение коррозионной активности пластовых и технологических жидкостей.

- Подготовка к лабораторной работе № 4.

- Знакомство с теоретическими основами, методиками и средствами измерений.

16. Поверхностно-активные вещества в нефтедобыче (лекция)

- Применение ПАВ различного типа в процессах добычи нефти.

17. Коррозия нефтепромыслового оборудования (лабораторное занятие)

- Подготовка к лабораторной работе № 4.

- Отбор, определение параметров и подготовка испытуемых сред и образцов.

18. Полимеры в нефтедобыче (лекция)

- Применение полимеров в составе технологических жидкостей для процессов добычи нефти.

- Коррозия нефтепромыслового оборудования.

- Определение скорости коррозии стали в агрессивных средах.

- Лабораторная работа № 4.

19. Эмульсии в нефтепромысловом деле (лабораторное занятие)

- Эмульсии в процессах добычи нефти.

- Подготовка к лабораторной работе № 5: знакомство с теоретическими основами, методиками и средствами измерений.

- Определение технологических параметров прямых и обратных эмульсий. Лабораторная работа № 5.

- Защита лабораторной работы № 5.

- Подготовка к контрольной работе № 2.

20. Нефтепромысловые реагенты (лабораторное занятие)

- Контрольная работа № 2.

Пример варианта контрольной работы № 2

1. Рассчитать эффективность действия ИСО (Эисо, %) по кальцию, если на титрование 10 см^3 исходной пластовой воды израсходовано $12,5 \text{ см}^3$ титранта, а после термостатирования в присутствии ИСО $8,0 \text{ см}^3$. Титрант: 0,1 М раствор Трилона Б.

2. Определить массу осадка, образующегося при смешении 8,5% го раствора «жидкого стекла» с 3,0% ным раствором хлорида кальция (объемное соотношение растворов 2,8:1,0). Учсть, что смешиваемые растворы приготовлены на модели пластовой воды с содержанием $15,5 \text{ г/см}^3 \text{ NaCl}$ и $2,5 \text{ г/см}^3 \text{ CaCl}_2$.

5. Учебно-методическое обеспечение и планирование самостоятельной работы обучающихся

Таблица 4

№ темы	Темы	Формы СРС, включая требования к подготовке к занятиям
1	Промысловая химия	Чтение обязательной и дополнительной литературы.
2	Плотность пластовых и технологических жидкостей	Чтение обязательной и дополнительной литературы. Проработка лекций. Подготовка отчета по лабораторной работе. Подготовка к защите лабораторной работы.
3	Бурение	Чтение обязательной и дополнительной литературы. Проработка лекций.
4	Добыча нефти	Чтение обязательной и дополнительной литературы.
5	Интенсификация добычи нефти	Чтение обязательной и дополнительной литературы.
6	Вязкость пластовых и технологических жидкостей	Чтение обязательной и дополнительной литературы. Проработка лекций. Подготовка отчета по лабораторной работе. Подготовка к защите лабораторной работы.
7	Ремонт скважин	Чтение обязательной и дополнительной литературы. Проработка лекций. Подготовка отчета по лабораторной работе. Подготовка к защите лабораторной работы.
8	Нефтеотдача пластов	Чтение обязательной и дополнительной литературы. Подготовка отчета по лабораторной работе. Подготовка к защите лабораторной работы. Подготовка к контрольной работе.
9	Осложнения в нефтедобыче	Чтение обязательной и дополнительной литературы.
10	Методы увеличения нефтеотдачи	Чтение обязательной и дополнительной литературы. Проработка лекций. Подготовка к контрольной работе.
11	Подготовка пластовых и закачиваемых флюидов. Транспорт нефти	Чтение обязательной и дополнительной литературы.
12	Реологические параметры пластовых и технологических жидкостей	Чтение обязательной и дополнительной литературы. Проработка лекций. Подготовка отчета по лабораторной работе. Подготовка к защите лабораторной работы.
13	Промысловые реагенты на основе органических веществ	Чтение обязательной и дополнительной литературы. Проработка лекций. Подготовка отчета по лабораторной работе. Подготовка к защите лабораторной работы.

14	Промысловые реагенты на основе неорганических веществ	Чтение обязательной и дополнительной литературы.
15	Коррозионная активность пластовых и технологических жидкостей	Чтение обязательной и дополнительной литературы. Проработка лекций. Подготовка отчета по лабораторной работе. Подготовка к защите лабораторной работы.
16	Поверхностно-активные вещества в нефтедобыче	Чтение обязательной и дополнительной литературы.
17	Коррозия нефтепромыслового оборудования	Чтение обязательной и дополнительной литературы. Проработка лекций. Подготовка отчета по лабораторной работе. Подготовка к защите лабораторной работы.
18	Полимеры в нефтедобыче	Чтение обязательной и дополнительной литературы. Проработка лекций. Подготовка отчета по лабораторной работе. Подготовка к защите лабораторной работы.
19	Эмульсии в нефтепромысловом деле	Чтение обязательной и дополнительной литературы. Проработка лекций. Подготовка отчета по лабораторной работе. Подготовка к защите лабораторной работы. Подготовка к контрольной работе.
20	Нефтепромысловые реагенты	Чтение обязательной и дополнительной литературы. Проработка лекций. Подготовка к контрольной работе.

6. Промежуточная аттестация по дисциплине

6.1. Оценочные материалы для проведения промежуточной аттестации по дисциплине

Экзамен проводится в устной форме. Для аттестации на экзамене предлагается билет, содержащий 2 вопроса из разных разделов. Ответы на экзаменационный билет оцениваются по системе: «отлично» — студент дал полный ответ на теоретические вопросы и решил задачу; «хорошо» — есть некоторые недочеты в ответе на билет; «удовлетворительно» — студент слабо разбирается в теоретических вопросах, при наводящих вопросах преподавателя пытается сформулировать ответ, практические вопросы не решены, но при помощи преподавателя студент доводит решение задачи до конца; «неудовлетворительно» — студент очень слабо отвечает на теоретические вопросы.

Вопросы к экзамену (устный ответ):

1. Промысловая химия. Основные понятия, определения, типы реагентов.
2. Виды и назначение технологических жидкостей для различных процессов нефтедобычи.
3. Буровые растворы на водной основе. Типы, свойства, компоненты и их назначение.
4. Буровые растворы на углеводородной основе. Типы, свойства, компоненты и их назначение.
5. Тампонажные растворы. Типы, свойства, назначение, ограничения и условия применимости.
6. Утилизация отработанных буровых растворов.
7. Основные способы добычи нефти, краткая характеристика. Обустройство месторождения и нефтегазопромысловое оборудование, его назначение.
8. Интенсификация добычи нефти с использованием химических реагентов.
9. Технологические жидкости для ГРП.
10. Технологические жидкости для ОПЗ продуктивных пластов.
11. Кислотные обработки ПЗП. Типы, назначение, свойства особенности применения технологических жидкостей.

12. Ремонт скважин, определения. Назначение КРС и ПРС, технические отличия. Типы жидкостей глушения.
13. Жидкости глушения на водной основе. Назначение, состав, свойства, ограничения применения.
14. Жидкости глушения на углеводородной основе. Назначение, состав, свойства, ограничения применения.
15. Методы увеличения нефтеотдачи: первичные, вторичные, третичные. Понятия, определения, типы, различия, условия применения.
16. Жидкости для заводнения нефтяных пластов. Типы. основные компоненты, назначение. условия применения.
17. Технологические жидкости для выравнивания профиля приемистости. Типы. основные компоненты, назначение. условия применения.
18. Осадко-, геле- и осадко-гелеобразующие составы. Типы. основные компоненты, назначение. условия применения.
19. Полимерные и полимер-дисперсные составы. Типы. основные компоненты, назначение. условия применения.
20. Типы водонефтяных эмульсий, физико-химические свойства.
21. Осложнения в нефтедобыче. Типы, условия формирования, основные способы предотвращения и борьбы.
22. Предотвращение и удаление солеотложений.
23. Коррозия и защита нефтегазопромыслового оборудования.
24. Парафиноотложения в нефтяных скважинах: причины, предупреждение и устранение.
25. Гидратообразование в газовых скважинах: причины, предупреждение и устранение.
26. Ингибиторы солеотложений. Типы. основные компоненты, назначение. условия применения.
27. Ингибиторы коррозии. Типы. основные компоненты, назначение. условия применения.
28. Ингибиторы парафиноотложений. Типы. основные компоненты, назначение. условия применения.
29. Химреагенты для предотвращения и борьбы с набуханием глинистых минералов.
30. Вода для систем ППД: назначение, применение, основные источники, подготовка и анализ.
31. Подготовка нефти и газа. Способы. Химреагенты.
32. Деэмульгаторы: типы, свойства, назначение.
33. Осложнения при транспорте нефти: типы, причины, способы и реагенты для предотвращения и борьбы.
34. Промысловые реагенты и составы на основе органических веществ.
35. Промысловые реагенты и составы на основе неорганических веществ.
36. Применение ПАВ в нефтедобыче: основные типы, свойства, назначение.
37. Применение неионогенных ПАВ в нефтедобыче: механизм действия, свойства, назначение.
38. Применение анионных ПАВ в нефтедобыче: механизм действия, свойства, назначение.
39. Применение катионных ПАВ в нефтедобыче: механизм действия, свойства, назначение.
40. Основы применения полимеров и ТЖ на их основе: механизм действия, свойства, назначение.

6.2. Критерии оценивания компетенций:

Таблица 5

Карта критериев оценивания компетенций

№ п/п	Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенций, соотнесенные с планируемыми результатами обучения	Оценочные материалы	Критерии оценивания
1.	ПК-1: способен применять методы проведения экспериментов в соответствующей области знаний, оформлять результаты научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ	<p>Пороговый (удовл.): Знает: основные технологии и процессы добычи нефти, технологические жидкости некоторые методы испытания их физико-химических параметров. Умеет: собирать, обобщать и обрабатывать экспериментальные данные с помощью современных эффективных методов.</p> <p>Базовый (хор.): Знает: назначение различных технологий нефтедобычи и соответствующих технологических жидкостей, основы применения и методы испытания их физико-химических и технологических параметров, возможности современных методов обработки результатов. Умеет: анализировать и обрабатывать научно-техническую информацию и экспериментальные данные.</p> <p>Повышенный (отл.): Знает: возможности и ограничения различных технологий нефтедобычи, основы подбора компонентного состава соответствующих технологических жидкостей, эффективные методы исследования и обработки экспериментальных данных. Умеет: проводить информационный поиск по теме исследования, обрабатывать и анализировать информацию и экспериментальные данные с использованием современных программ и технических средств.</p>	Контрольные работы, лабораторные отчеты, экзамен	Правильность решений контрольных работ. Интенсивность использования дополнительных источников при подготовке к лабораторным работам, авторитетность используемых источников. Экзамен: правильность ответов на вопросы, ссылки на дополнительные источники при ответе.

7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

7.1. Основная литература:

1. Юровская, М.А. Основы органической химии: учебное пособие / М.А. Юровская, А.В. Куркин. — 4-е изд. — Москва: Лаборатория знаний, 2020. — 239 с. — ISBN 978-5-00101-757-8. — Текст: электронный. // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/135515> (дата обращения: 12.05.2021). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

7.2. Дополнительная литература:

1. Черезова, Е.Н. Промысловая химия: учебное пособие / Е.Н. Черезова, С.Ш. Сайгитбаталова, Е.С. Ямалеева; под редакцией Е.И. Шевченко. — Казань: Казанский национальный исследовательский технологический университет, 2015. — 100 с. — ISBN 978-5-7882-1784-0. — Текст: электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS: [сайт]. — URL: <http://www.iprbookshop.ru/62568.html> (дата обращения: 12.05.2021). — Режим доступа: для авторизир. пользователей.

7.3. Интернет ресурсы

-

7.4. Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы:

1. eLIBRARY — научная библиотека (г. Москва). — <http://elibrary.ru>

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

- Лицензионное ПО, в том числе отечественного производства:

платформа для электронного обучения Microsoft Teams, офисный пакет Microsoft Office.

9. Технические средства и материально-техническое обеспечение дисциплины


Аудитории для лекционных занятий должны быть обеспечены мультимедийным оборудованием (компьютер, проектор, система воспроизведения звука и др.) для демонстрации презентаций, видеофильмов и пр.

Аудитория для лабораторных занятий должна быть оснащена мультимедийным оборудованием, доской, вытяжным шкафом, раковиной для мытья посуды, сушильным шкафом, техническими и аналитическими весами. Дополнительно: набор ареометров АОН-1, пикнометры, капиллярные вискозиметры типа ВПЖ и ВНЖ, секундомер, ротационный вискозиметр, рычажные весы, воронка Марша, высокооборотистый миксер, анализатор стабильности эмульсий, вискозиметрический термостат, стеклянная и пластиковая мерная посуда.

Для самостоятельной работы студентов необходим доступ в компьютерный класс, имеющий свободный доступ в Интернет.

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«ТЮМЕНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

УТВЕРЖДАЮ
Заместитель директора
Физико-технического института
по учебной работе


_____ С.А. Креков
« 23 » 06. _____ 2021 г.

СВОЙСТВА ТЕПЛООБМЕННЫХ СРЕД

Рабочая программа дисциплины
для обучающихся по направлению подготовки
16.03.01 Техническая физика
Профиль: Техническая физика в нефтегазовых технологиях
форма обучения: очная

Шастунова У.Ю. Свойства теплообменных сред. Рабочая программа дисциплины для обучающихся по направлению подготовки 16.03.01 Техническая физика, профиль Техническая физика в нефтегазовых технологиях, форма обучения очная. Тюмень, 2021.

Рабочая программа дисциплины опубликована на сайте ТюмГУ: <https://www.utmn.ru/sveden/education/#>.

1. Пояснительная записка

Цель дисциплины – ознакомить студентов с методами расчета теплофизических свойств теплообменных сред, а также углеводородов в жидком и газообразном состояниях.

Задачи дисциплины:

- сформировать у студентов представления о методах расчета теплофизических свойств влажного пара, грунта и углеводородов, области их применения и погрешности;
- дать студентам необходимые для их будущей профессиональной деятельности практические навыки проведения расчетов теплофизических свойств сред.

1.1. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Данная дисциплина входит в блок Б1 Дисциплины (модули), часть, формируемая участниками образовательных отношений.

При изучении курса используются знания, полученные студентами при изучении дисциплин «Молекулярная физика», «Теплофизика», «Теплообмен сложных систем».

1.2. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения данной дисциплины

Таблица 1

Код и наименование компетенции (из ФГОС ВО)	Код и наименование части компетенции	Планируемые результаты обучения (знаниевые/функциональные)
ПК-1: Способен применять методы проведения экспериментов в соответствующей области знаний, оформлять результаты научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ	–	Знает методы измерений и исследований, основанные на различных физических эффектах; основы метрологии, стандартизации и сертификации; проблематику области физики, выбранной для исследований
		Умеет выделять/ставить задачи, решаемые в рамках доступных приближений и ресурсов; пользоваться прикладными методами расчета физико-математических моделей

2. Структура и объем дисциплины

Таблица 2

Вид учебной работы	Всего часов (академические часы)	Часов в семестре (академические часы)
		7 семестр
Общий объем зач. ед. час	4	4
	144	144
Из них:		
Часы контактной работы (всего):	64	64
Лекции	18	18
Практические занятия	44	44
Лабораторные / практические занятия по подгруппам	0	0
Консультации и иная контактная работа	2	2
Часы внеаудиторной работы, включая самостоятельную работу обучающегося	80	80
Вид промежуточной аттестации		Экзамен

3. Система оценивания

3.1. На учебных занятиях оценивается работа студентов в аудитории на практических занятиях (0 – 5 баллов за занятие). Под работой на практических занятиях подразумевается активная беседа с преподавателем, самостоятельное выполнение заданий, выданных преподавателем.

Проводится 1 коллоквиум (0-16 баллов) по экзаменационным вопросам. Этот вид занятия позволяет студенту заранее подготовиться к экзамену и устранить в беседе с преподавателем все неточности знаний. Количество баллов выставляется после обсуждения с преподавателем.

Также в семестре проводится 3 контрольные работы (0-12 баллов за каждую работу) по темам «Мерзлый грунт», «Газ», «Жидкость». Студенту необходимо будет самостоятельно рассчитать теплофизические свойства (теплопроводность, плотность, теплоемкость и др.) по зависимостям, которые предложены авторами учебных пособий, построить закономерности изменения физических свойств от температуры. Для выполнения задания необходимо использовать Microsoft Excel.

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

Форма промежуточной аттестации по дисциплине – экзамен. Экзамен возможно получить автоматически, при усвоении:

65% материала – "удовлетворительно" (65 баллов, полученных при усвоении дисциплины на учебных встречах в семестре);

80% материала – "хорошо" (80 баллов, полученных при усвоении дисциплины на учебных встречах в семестре).

Если студент претендует на отметку "отлично", то он сдает экзамен.

4. Содержание дисциплины

4.1. Тематический план дисциплины

Таблица 3

№ п/п	Наименование тем и/или разделов	Объем дисциплины, час.				
		Всего	Виды аудиторной работы (академические часы)			Консультации и иная контактная работа
			Лекции	Практические занятия	Лабораторные/ практические занятия по подгруппам	
1	2	3	4	5	6	7
1.	Мёрзлый грунт. Классификация. Особенности расчета.	22	4	6	0	0
2.	Аналитические уравнения состояния веществ в газообразном состоянии.	24	4	8	0	0
3.	Термодинамический метод в теории теплофизических свойств веществ.	18	2	6	0	0
4.	Закон соответственных состояний и его применение для расчёта теплофизических свойств веществ в газообразном и жидком состоянии.	20	2	6	0	0
5.	Явления переноса в веществах в газообразном и жидком состояниях.	16	2	4	0	0
6.	Равновесие фаз жидкость пар и критические явления в однокомпонентных веществах и их смесях. Теплофизические свойства веществ в газоконденсатном состоянии.	20	2	6	0	0
7.	Теплофизические свойства нефтей, газовых конденсатов и их фракций.	22	2	8	0	0
	Экзамен	2	0	0	0	2
	Итого (часов)	144	18	44	0	2

4.2. Содержание дисциплины по темам

Тема 1. Мерзлый грунт. Классификация. Особенности расчета

- Мерзлый грунт. Классификации. Теплофизические характеристики. Особенности расчета.
- Расчет теплофизических свойств мерзлого грунта. Изучение зависимостей и особенностей расчета.

Тема 2. Аналитические уравнения состояния веществ в газообразном состоянии

- Двухпараметрические аналитические уравнения состояния реальных газов и их применимость для углеводородов. Уравнение Ван-дер-Ваальса, Редлиха-Квонга. Вириальное уравнение.

- Расчет температурной зависимости плотности паров углеводородов при различных давлениях по аналитическим уравнениям состояния газов (Клапейрона-Менделеева, Ван-дер-Ваальса, Редлиха-Квонга, вириальному уравнению).

- Проведение контрольной работы № 1.

Примеры заданий для контрольной работы № 1:

1. Рассчитать давление насыщенного пара жидкости при заданной температуре.
2. Рассчитать плотность газа при заданном давлении P и температуре T по вириальному уравнению.
3. Рассчитать плотность газа при заданном давлении P и температуре T по уравнению Редлиха-Квонга.
4. Рассчитать идеальную газовую теплоемкость заданного вещества.
5. Рассчитать теплоемкость газа при заданной температуре и давлении.
6. Рассчитать теплофизические свойства (плотность, вязкость, теплопроводность, теплоемкость) природного газа. Построить закономерности указанных физ. свойств от температуры.
7. Рассчитать теплофизические свойства (плотность, вязкость, теплопроводность, теплоемкость, удельный объем, давление и температура насыщения) водяного пара. Построить закономерности указанных физ. свойств от температуры.

Тема 3. Термодинамический метод в теории теплофизических свойств веществ

- Функции отклонения термодинамических потенциалов реальных газов от идеального состояния и их расчет по уравнениям состояния газов на примере уравнений Ван-дер-Ваальса, Редлиха-Квонга, вириального уравнения. Расчет термодинамических свойств углеводородов по их термодинамическим потенциалам.

- Вывод аналитического уравнения для расчета температурной зависимости теплоемкости паров углеводородов при повышенных давлениях на основе различных уравнений состояний и проведение по нему расчетов для предложенного углеводорода.

Тема 4. Закон соответственных состояний и его применение для расчета теплофизических свойств веществ в газообразном и жидком состояниях

- Описание свойств реальных газов в рамках обобщенных законов соответственных состояний. Введение критериев подобия веществ по температурной зависимости давления их насыщенных паров. Соотношения между различными критериями подобия, их достоинства и недостатки. Метод Риделя описания температурной зависимости давления насыщенных паров углеводородов $p_n(T)$. Методы расчета теплофизических свойств углеводородов в жидком состоянии (плотности, теплоемкости, вязкости, поверхностного натяжения) на основе уравнений соответственных состояний.

- Расчет температурной зависимости давления насыщенных паров жидкостей по методу Риделя при различном способе определения критерия подобия. Расчет температурной зависимости плотности, поверхностного натяжения и теплоемкости углеводородов в жидком состоянии.

- Проведение контрольной работы № 2.

Примеры заданий для контрольной работы № 2:

1. Рассчитать плотность углеводорода в жидком и парообразном состоянии на линии насыщения.
2. Рассчитать теплоту испарения жидкости при температуре кипения.
3. Рассчитать теплоту испарения жидкости по температурной зависимости давления ее насыщенных паров.
4. Рассчитать теплоемкость жидкости при заданной температуре.
5. Рассчитать вязкость жидкости при низкой температуре.
6. Рассчитать поверхностное натяжение жидкости.
7. Рассчитать теплофизические свойства (плотность, вязкость, теплопроводность, теплоемкость) нефти. Построить закономерности указанных физ. свойств от температуры.

Тема 5. Явления переноса в веществах в газообразном и жидком состоянии

- Молекулярно-кинетическая теория коэффициентов переноса в идеальных газах. Расчет коэффициентов вязкого трения и теплопроводности реальных газов по эмпирическим и полуэмпирическим соотношениям, полученным в рамках обобщенных законов соответственных состояний. Аналитическое однопараметрическое уравнение для коэффициента температуропроводности и кинематической вязкости реальных газов. Расчет коэффициентов вязкости и теплопроводности жидкостей при низких и высоких температурах.

- Расчет температурной зависимости вязкости и теплопроводности углеводородов в газообразном и жидком состоянии.

Тема 6. Равновесие фаз жидкость пар и критические явления в однокомпонентных веществах и их смесях. Теплофизические свойства веществ в газоконденсатном состоянии

- Теплофизические свойства газовых смесей. Уравнение Редлиха-Квонга и вириальное уравнение для смесей газов. Псевдокритические и истинные критические параметры газовых смесей. Уравнения бинодали и спинодали. Условия равновесия фаз и фазовые переходы I рода. Фазовые диаграммы. Методы расчета критических параметров и параметров фазовых переходов веществ; свойств веществ при критической температуре и температуре кипения. Методы расчета свойств веществ на линии насыщения. Явление обратной конденсации первого и второго рода в многокомпонентных смесях углеводородов.

- Расчет температурной зависимости плотности жидкости и газа на линии насыщения. Расчет псевдокритических и критических параметров многокомпонентных смесей углеводородов. Расчет параметров фазового равновесия жидкость-пар.

- Проведение контрольной работы № 3.

Примеры заданий для контрольной работы № 3:

1. Рассчитать теплофизические свойства (плотность, теплопроводность, теплоемкость, пористость) мерзлого грунта.
2. Рассчитать теплофизические свойства (плотность, теплопроводность, теплоемкость, пористость) грунта сезонного оттаивания и промерзания.
3. Рассчитать теплофизические свойства (плотность, теплопроводность, теплоемкость, пористость) вечномерзлого грунта.
4. Рассчитать теплофизические свойства (плотность, теплопроводность, теплоемкость, пористость) глинистых грунтов.
5. Рассчитать теплофизические свойства (плотность, теплопроводность, теплоемкость, пористость) песчаника.
6. Рассчитать теплофизические свойства (плотность, теплопроводность, теплоемкость, пористость) горной породы.
7. Рассчитать теплофизические свойства (плотность, теплопроводность, теплоемкость, пористость) грунта морских отложений.

Тема 7. Теплофизические свойства нефтей, газовых конденсатов и их фракций

- Состав, физико-химические свойства, характеристические параметры и критерии подобия нефти, газовых конденсатов и их фракций. Калорические свойства, вязкость и теплопроводность нефти и газовых конденсатов.

- Расчет калорических свойств, вязкости и теплопроводности нефти и газовых конденсатов по их характеристическим параметрам и критериям подобия.

- Проведение коллоквиума по пройденным лекционным темам на последнем практическом занятии.

Примерные вопросы на коллоквиум:

1. Аналитические уравнения состояния газов и их применимость для расчета плотности паров углеводородов.

2. Функции отклонения термодинамических потенциалов реальных газов от идеального состояния и их расчет по уравнениям состояния газов на примере уравнений Ван-дер-Ваальса, Редлиха-Квонга, вириального уравнения.

3. Вывод аналитического уравнения для теплоемкости паров углеводородов на основании двухпараметрических аналитических уравнений состояния реальных газов.

4. Описание свойств реальных газов и паров в рамках обобщенных законов соответственных состояний. Соотношения между различными критериями подобия, их достоинства и недостатки.

5. Метод Риделя описания температурной зависимости давления насыщенных паров углеводородов.

6. Молекулярно-кинетическая теория коэффициентов переноса в идеальных газах.

7. Расчет коэффициентов вязкого трения и теплопроводности реальных газов по эмпирическим и полуэмпирическим соотношениям, полученным в рамках обобщенных законов соответственных состояний.

8. Аналитическое однопараметрическое уравнение для коэффициента температуропроводности и кинематической вязкости гомологического ряда предельных углеводородов.

9. Методы расчета плотности, теплоемкости и поверхностного натяжения углеводородов в жидком состоянии на основе уравнений соответственных состояний.

10. Методы расчета коэффициентов вязкости и теплопроводности жидкостей при низких и высоких температурах.

11. Фазовое равновесие жидкость-пар. Уравнения бинодали и спинодали. Расчет плотности углеводородов на линии насыщения.

12. Критическая температура и критические параметры веществ. Особые свойства веществ при критической температуре. Методы расчета критических параметров углеводородов.

13. Теплофизические свойства газовых смесей. Псевдокритические и истинные критические параметры газовых смесей.

14. Газоконденсатное состояние углеводородов. Явление обратной конденсации первого и второго рода в многокомпонентных смесях углеводородов.

15. Состав, физико-химические свойства, характеристические параметры и критерии подобия нефти и газовых конденсатов, которые используются при расчете их теплофизических параметров.

16. Расчет калорических свойств нефти и газовых конденсатов.

17. Расчет вязкости нефти и газовых конденсатов.

18. Расчет теплопроводности нефти и газовых конденсатов.

19. Расчет поверхностного натяжения нефти и газовых конденсатов.

20. Классификация мерзлых грунтов.

21. Теплофизические свойства мерзлых грунтов.

22. Особенности расчета мерзлой породы в разных координатах: декартовых, цилиндрических, сферических.

5. Учебно-методическое обеспечение и планирование самостоятельной работы обучающихся

Таблица 4

№ темы	Темы	Формы СРС, включая требования к подготовке к занятиям
1	Мёрзлый грунт. Классификация. Особенности расчета.	Чтение основной и дополнительной литературы. Проработка лекций.
2	Аналитические уравнения состояния веществ в газообразном состоянии.	Чтение основной и дополнительной литературы. Проработка лекций. Поиск справочных данных и научной литературы в Интернете.
3	Термодинамический метод в теории теплофизических свойств веществ.	Чтение основной и дополнительной литературы. Проработка лекций.
4	Закон соответственных состояний и его применение для расчёта теплофизических свойств веществ в газообразном и жидком состоянии.	Чтение основной и дополнительной литературы. Проработка лекций. Поиск справочных данных и научной литературы в Интернете.
5	Явления переноса в веществах в газообразном и жидком состояниях.	Чтение основной и дополнительной литературы. Проработка лекций.
6	Равновесие фаз жидкость пар и критические явления в однокомпонентных веществах и их смесях. Теплофизические свойства веществ в газоконденсатном состоянии.	Чтение основной и дополнительной литературы. Проработка лекций. Поиск справочных данных и научной литературы в Интернете.
7	Теплофизические свойства нефтей, газовых конденсатов и их фракций.	Чтение основной и дополнительной литературы. Проработка лекций.

6. Промежуточная аттестация по дисциплине

6.1. Оценочные материалы для проведения промежуточной аттестации по дисциплине

Экзамен проводится в устной форме по следующему алгоритму:

1. решение задачи (расчет теплофизических свойств или газа, или жидкости, или твердого тела);
2. письменный ответ на билет, содержащий два вопроса;
3. беседа с преподавателем на письменный ответ на билет (10-15 минут).

В экзаменационный билет входит 2 теоретических вопроса и практическое задание, по которому студент должен рассчитать на персональном компьютере тот или иной теплофизический параметр для определенного вещества при конкретных условиях. Оценка за этот расчет определяется не только его правильностью, но и затраченным временем, поскольку оно характеризует приобретенные студентами навыки на практических занятиях.

Ответы на экзаменационный билет оцениваются по следующим критериям:

"отлично" – студент дал полный ответ на теоретические вопросы, правильно решил задачу, продемонстрировал знания расчетов теплофизических свойств;

"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 о теории теплофизический свойств и применении их в практике, но недостаточно владеет теоретическими основами, в ответах и решениях допускает ошибки, которые может исправить под руководством преподавателя;

"неудовлетворительно" – студент не имеет систематических знаний в области изучаемого предмета, слабо разбирается в практических вопросах, допускает принципиальные ошибки в ответах и решениях.

Перечень теоретических вопросов для подготовки к экзамену:

1. Аналитические уравнения состояния газов и их применимость для расчета плотности паров углеводородов.
2. Функции отклонения термодинамических потенциалов реальных газов от идеального состояния и их расчет по уравнениям состояния газов на примере уравнений Ван-дер-Ваальса, Редлиха-Квонга, вириального уравнения.
3. Вывод аналитического уравнения для теплоемкости паров углеводородов на основании двухпараметрических аналитических уравнений состояния реальных газов.
4. Описание свойств реальных газов и паров в рамках обобщенных законов соответственных состояний. Соотношения между различными критериями подобия, их достоинства и недостатки.
5. Метод Риделя описания температурной зависимости давления насыщенных паров углеводородов.
6. Молекулярно-кинетическая теория коэффициентов переноса в идеальных газах.
7. Расчет коэффициентов вязкого трения и теплопроводности реальных газов по эмпирическим и полуэмпирическим соотношениям, полученным в рамках обобщенных законов соответственных состояний.
8. Аналитическое однопараметрическое уравнение для коэффициента температуропроводности и кинематической вязкости гомологического ряда предельных углеводородов.
9. Методы расчета плотности, теплоемкости и поверхностного натяжения углеводородов в жидком состоянии на основе уравнений соответственных состояний.
10. Методы расчета коэффициентов вязкости и теплопроводности жидкостей при низких и высоких температурах.
11. Фазовое равновесие жидкость-пар. Уравнения бинодали и спинодали. Расчет плотности углеводородов на линии насыщения.
12. Критическая температура и критические параметры веществ. Особые свойства веществ при критической температуре. Методы расчета критических параметров углеводородов.
13. Теплофизические свойства газовых смесей. Псевдокритические и истинные критические параметры газовых смесей.
14. Газоконденсатное состояние углеводородов. Явление обратной конденсации первого и второго рода в многокомпонентных смесях углеводородов.
15. Состав, физико-химические свойства, характеристические параметры и критерии подобия нефти и газовых конденсатов, которые используются при расчете их теплофизических параметров.
16. Расчет калорических свойств нефти и газовых конденсатов.
17. Расчет вязкости нефти и газовых конденсатов.
18. Расчет теплопроводности нефти и газовых конденсатов.
19. Расчет поверхностного натяжения нефти и газовых конденсатов.
20. Классификация мерзлых грунтов.
21. Теплофизические свойства мерзлых грунтов.
22. Особенности расчета мерзлой породы в разных координатах: декартовых, цилиндрических, сферических.

Перечень практических заданий для подготовки к экзамену:

1. Рассчитать давление насыщенного пара жидкости при заданной температуре.
2. Рассчитать плотность жидкости при температуре ниже ее нормальной температуры кипения.
3. Рассчитать плотность газа при заданном давлении P и температуре T по вириальному уравнению.

4. Рассчитать плотность газа при заданном давлении P и температуре T по уравнению Редлиха-Квонга.
5. Рассчитать критические параметры веществ.
6. Рассчитать теплоту испарения жидкости при температуре кипения.
7. Рассчитать теплоту испарения жидкости по температурной зависимости давления ее насыщенных паров.
8. Рассчитать идеальную газовую теплоемкость заданного вещества.
9. Рассчитать теплоемкость жидкости при заданной температуре.
10. Рассчитать теплоемкость газа при заданной температуре и давлении.
11. Рассчитать вязкость газа при заданном давлении P и температуре T .
12. Рассчитать вязкость жидкости при низкой температуре.
13. Рассчитать вязкость жидкости при температуре близкой к критической.
14. Рассчитать поверхностное натяжение жидкости.
15. Рассчитать псевдокритические параметры смеси углеводородов.
16. Рассчитать вязкость смеси углеводородов заданного состава.
17. Рассчитать теплоемкость смеси углеводородов заданного состава.
18. Рассчитать плотность смеси углеводородов заданного состава.
19. Рассчитать теплофизические свойства (плотность, вязкость, теплопроводность, теплоемкость) нефти. Построить закономерности указанных физ. свойств от температуры.
20. Рассчитать теплофизические свойства (плотность, вязкость, теплопроводность, теплоемкость) природного газа. Построить закономерности указанных физ. свойств от температуры.
21. Рассчитать теплофизические свойства (плотность, вязкость, теплопроводность, теплоемкость, удельный объем, давление и температура насыщения) водяного пара. Построить закономерности указанных физ. свойств от температуры.
22. Рассчитать теплофизические свойства (плотность, теплопроводность, теплоемкость, пористость) мерзлого грунта.
23. Рассчитать теплофизические свойства (плотность, теплопроводность, теплоемкость, пористость) грунта сезонного оттаивания и промерзания.
24. Рассчитать теплофизические свойства (плотность, теплопроводность, теплоемкость, пористость) вечномерзлого грунта.
25. Рассчитать теплофизические свойства (плотность, теплопроводность, теплоемкость, пористость) глинистых грунтов.
26. Рассчитать теплофизические свойства (плотность, теплопроводность, теплоемкость, пористость) песчаника.
27. Рассчитать теплофизические свойства (плотность, теплопроводность, теплоемкость, пористость) горной породы.
28. Рассчитать теплофизические свойства (плотность, теплопроводность, теплоемкость, пористость) грунта морских отложений.

6.2. Критерии оценивания компетенций:

Таблица 5

Карта критериев оценивания компетенций

№ п/п	Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенций, соотнесенные с планируемыми результатами обучения	Оценочные материалы	Критерии оценивания
1.	ПК-1: Способен применять методы проведения экспериментов в соответствующей области знаний, оформлять результаты научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ	<p>Пороговый уровень освоения ОП (удовл.): <i>Знает:</i> особенности теплофизических свойств углеводородов и способы их расчета. <i>Умеет:</i> с помощью заданных теоретических уравнений рассчитывать теплофизические свойства чистых углеводородов.</p> <p>Базовый уровень (хор.): <i>Знает:</i> основные уравнения, по которым можно рассчитать теплофизические свойства углеводородов и их смесей в широком диапазоне температур и давлений. <i>Умеет:</i> находить в литературе теоретические уравнения, с помощью которых можно рассчитывать теплофизические свойства чистых углеводородов, оценивать их точность, выявлять наиболее точные и рассчитывать по ним свойства конкретных углеводородов.</p> <p>Повышенный уровень (отл.): <i>Знает:</i> физическую природу всех теплофизических свойств чистых углеводородов и их смесей, особенности их изменения в</p>	Лекции, практические занятия, решение индивидуальных заданий	Правильность решения практических заданий (задач), заданных на дом и индивидуально. Правильность решения практических заданий (задач) на промежуточных аттестациях. Экзамен: правильность ответов на вопросы, ссылки на дополнительные источники при ответе. Правильность решения задачи.

		<p>зависимости от температуры и давления, методы их теоретического и экспериментального расчетов</p> <p>Умеет: находить в литературе теоретические уравнения, с помощью которых можно рассчитывать теплофизические свойства не только чистых углеводородов, но и их смесей, оценивать их точность, выявлять наиболее точные и рассчитывать по ним свойства конкретных углеводородных систем.</p>		
--	--	---	--	--

7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

7.1. Основная литература:

Тепломассоперенос в нефтегазовых и строительных технологиях: учебное пособие / А.Б. Шабаров, А.А. Кислицын, Б.В. Григорьев [и др.]; под ред. А.Б. Шабарова, А.А. Кислицына. — Тюмень: ТюмГУ, 2014. — 332 с. — ISBN 978-5-400-00979-2. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/109978> (дата обращения: 12.05.2021). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

7.2. Дополнительная литература:

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: 12.05.2021). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

7.3. Интернет-ресурсы:

Образовательные ресурсы «Единое окно»: <http://window.edu.ru/window/library>

7.4. Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы:

1. eLIBRARY — научная библиотека (г. Москва). — <http://e-library.ru>
2. <https://znanium.com>
3. <http://www.trmost.ru>
4. <http://biblioclub.ru>

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

– Лицензионное ПО, в том числе отечественного производства: платформа для электронного обучения Microsoft Teams, офисный пакет Microsoft Office.

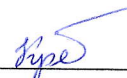
9. Технические средства и материально-техническое обеспечение дисциплины

Для проведения лекций требуется мультимедийная аудитория, оснащенная учебной мебелью, доской аудиторной меловой или маркерной, мультимедийным проекционным и акустическим оборудованием и персональным компьютером с выходом в сеть Интернет.

Для проведения практических занятий требуется компьютерный класс, оснащенный учебной мебелью, доской аудиторной меловой или маркерной, мультимедийным проекционным и акустическим оборудованием, персональными компьютерами, объединенными локальной сетью и подключенными к сети Интернет.

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«ТЮМЕНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

УТВЕРЖДАЮ
Заместитель директора
Физико-технического института
по учебной работе


_____ С.А. Креков
« 23 » 06 _____ 2021 г.

ГИДРОДИНАМИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ СКВАЖИН

Рабочая программа дисциплины
для обучающихся по направлению подготовки
16.03.01 Техническая физика
Профиль: Техническая физика в нефтегазовых технологиях
форма обучения: очная

Гильмиев Д.Р. Гидродинамические исследования скважин. Рабочая программа дисциплины для обучающихся по направлению подготовки 16.03.01 Техническая физика, профиль Техническая физика в нефтегазовых технологиях, форма обучения очная. Тюмень, 2021.

Рабочая программа дисциплины опубликована на сайте ТюмГУ:
<https://www.utmn.ru/sveden/education/#>

1. Пояснительная записка

Гидродинамические исследования скважин (ГДИС) — совокупность различных мероприятий, направленных на измерение определенных параметров (давление, температура, уровень жидкости, дебит и др.) и отбор проб пластовых флюидов (нефти, воды, газа и газоконденсата) в работающих или остановленных скважинах и их регистрацию во времени.

Интерпретация ГДИС позволяет оценить продуктивные и фильтрационные характеристики пластов и скважин (пластовое давление, продуктивность или фильтрационные коэффициенты, обводнённость, газовый фактор, гидропроводность, проницаемость, пьезопроводность, скин-фактор и т. д.), а также особенности около скважинной и удалённой зон пласта. Эти исследования являются прямым методом определения фильтрационных свойств горных пород в условиях залегания, характера насыщения пласта (газ/нефть/вода) и физических свойств пластовых флюидов (плотность, вязкость, объёмный коэффициент, сжимаемость, давление насыщения и т. д.).

Анализ ГДИС основан на решении уравнения пьезопроводности, с помощью которого устанавливается взаимосвязей между дебитами скважин и определяющими их перепадами давления в пласте.

Цель курса: формирование профессиональных навыков интерпретации гидродинамических исследований скважин.

Задачи курса:

1. Изучение теоретических основ ГДИС.
2. Обучение практическим методам интерпретации ГДИС с применением современного профессионального ПО.

1.1. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Данная дисциплина входит в блок Б1 Дисциплины (модули) и относится к части, формируемой участниками образовательных отношений.

При изучении курса используются знания, полученные студентами в курсах: «Механика», «Молекулярная физика», «Основы геологии и геофизики», «Основы программирования», «Численные методы технической физики» и «Математический анализ».

1.2. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения данной дисциплины

Таблица 1

Код и наименование компетенции (из ФГОС ВО)	Код и наименование части компетенции	Планируемые результаты обучения (знаниевые/функциональные)
ПК-2: Способность применять методы аналитических исследований в соответствующей области знаний	–	Знает – методы измерений и исследований, основанные на различных физических эффектах; – основы метрологии, стандартизации и сертификации; – проблематику области физики, выбранной для исследований.
	–	Умеет – выделять/ставить задачи, решаемые в рамках доступных приближений и ресурсов; – пользоваться прикладными методами расчёта физико-математических моделей.

2. Структура и объем дисциплины

Таблица 2

Вид учебной работы	Всего часов (академические часы)	Часов в семестре (академические часы)
		8 семестр
Общий объем зач. ед. час	4	4
	144	144
Из них:		
Часы контактной работы (всего):	68	68
Лекции	18	18
Практические занятия	0	0
Лабораторные / практические занятия по подгруппам	48	48
Консультации и иная контактная работа	2	2
Часы внеаудиторной работы, включая самостоятельную работу обучающегося	76	76
Вид промежуточной аттестации		Экзамен

3. Система оценивания

За семестр, обучающийся может набрать максимум 100 баллов. Шкала перевода баллов в оценки:

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

При текущем контроле учитывается два вида деятельности обучающихся:

- Выполнение и защита лабораторных работ (0-80 баллов).
- Устное собеседование с преподавателем (0-20 баллов).

Защита лабораторных работ подразумевает, что обучающийся поясняет ход решения задач, обосновывает применение тех или иных инструментов внутри изучаемого ПО, а также формул и законов.

Критерии оценивания выполнения и защиты лабораторных работ (максимум за одну из четырёх домашних задач – 20 баллов):

0 - 5 баллов - работа не выполнена, есть попытка выполнения работы, но в решении или ответе есть грубые ошибки;

6 - 10 баллов - есть результат выполненной работы, но обучающийся не может пояснить ход решения;

11 - 15 баллов - правильно выполнена только часть заданий, обучающийся слабо ориентируется в ходе решения, либо его рассуждения расходятся с подходом, примененным в работе;

15 - 19 баллов - выполнены все задания, но в решении присутствуют незначительные ошибки или неточности, рассуждения обучающегося содержат неточности, но не противоречат общему ходу решения;

20 баллов - лабораторная работа полностью выполнена, обучающийся может пояснить любой этап выполнения работы.

По результатам защиты всех четырёх домашних заданий обучающийся может быть допущен к устному собеседованию с преподавателем.

Устное собеседование с преподавателем предполагает, что преподаватель задает ряд вопросов, касающихся выполнения домашних заданий, применяемых подходов и законов, могут рассматриваться частные случаи, возникавшие в ходе выполнения работ. Преподаватель может попросить обучающегося описать ход работы при частичном изменении условий задачи.

Критерии оценивания собеседования с преподавателем:

0 баллов – обучающийся не ориентируется в предмете, не может ответить на базовые вопросы;

1 – 7 баллов - обучающийся способен ограниченно ответить на самые простые вопросы, но отсутствует понимание контекста предмета;

8 – 15 баллов - обучающийся уверенно отвечает на базовые вопросы, но углубление в детали вызывает у него трудности, обучающийся хорошо понимает только некоторые пройденные темы;

16 – 19 баллов - обучающийся ориентируется в предмете, но в ответах присутствуют незначительные ошибки или неточности;

20 баллов - обучающийся уверенно отвечает на вопросы по любой из пройденных тем.

Студент может быть освобождён от сдачи экзамена по вопросам в случае, если за семестр им было набрано больше 61 балла и студент согласен на соответствующую оценку.

Если студентом не было набрано необходимое количество баллов, или же обучающийся не согласен с оценкой, то в конце семестра ему необходимо сдать экзамен.

Экзамен проводится в устно-письменной форме. Экзамен включает письменную часть – ответ по экзаменационному билету. Устная часть экзамена оценивает знания по дисциплине путём собеседования с преподавателем. Ответы по собеседованию оцениваются по следующим критериям:

– "отлично" - студент дал полный ответ на теоретические вопросы, продемонстрировал взаимосвязь теоретических основ явлений и практики;

– "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 явлениях и законах, однако недостаточно владеет теоретическим материалом, в ответах допускает ошибки, которые может исправить под руководством преподавателя;

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

4. Содержание дисциплины

4.1. Тематический план дисциплины

Таблица 3

№ п/п	Наименование тем и/или разделов	Объем дисциплины, час.				
		Всего	Виды аудиторной работы (академические часы)			Консультации и иная контактная работа
			Лекции	Практические занятия	Лабораторные/ практические занятия по подгруппам	
1	2	3	4	5	6	7
1	Роль ГДИС в системе знаний о пласте и управления его разработкой	5	2	0	0	0
2	Виды ГДИС	5	2	0	0	0
3	Исходная информация для ГДИС. Краткий обзор приборной базы	6	1	0	2	0
4	Уравнение неразрывности и законы движения	15	2	0	6	0
5	Основные понятия и определения теории фильтрации	12	1	0	6	0
6	Математическая постановка задач однофазной фильтрации	15	2	0	6	0
7	Ретроспективный анализ методов интерпретации ГДИС	5	1	0	0	0
8	Модели ствола скважин	12	1	0	4	0
9	Модели скважин	12	1	0	4	0
10	Модели пласта (коллектора)	12	1	0	4	0
11	Модели границ	12	1	0	4	0
12	Пластовое давление. Коэффициент продуктивности	13	1	0	6	0
13	Исследования газовых скважин	12	1	0	4	0
14	Дизайн ГДИС	6	1	0	2	0
	Зачет	2	0	0	0	2
	Итого (часов)	144	18	0	48	2

4.2. Содержание дисциплины по темам

1. Роль ГДИС в системе знаний о пласте и управления его разработкой

Описывается роль ГДИС в системе знаний о пласте и управления его разработкой.

2. Виды ГДИС

Изучаются виды гидродинамических исследований скважины, их особенности.

3. Исходная информация для ГДИС. Краткий обзор приборной базы

Изучается исходная информация для ГДИС. Дается краткий обзор приборной базы.

4. Уравнение неразрывности и законы движения

Изучаются уравнения неразрывности и законы движения.

5. Основные понятия и определения теории фильтрации

Изучаются основы теории фильтрации. Основные понятия и определения теории фильтрации.

6. Математическая постановка задач однофазной фильтрации

Дается Математическая постановка задач однофазной фильтрации.

7. Ретроспективный анализ методов интерпретации ГДИС

Рассматриваются существующие методы интерпретации ГДИС.

8. Модели ствола скважин

Рассматриваются модели ствола скважин.

9. Модели скважин

Рассматриваются методы интерпретации скважин с различным заканчиванием: вертикальные скважины, вертикальные скважины с ГРП, горизонтальные скважины, горизонтальные скважины с ГРП.

10. Модели пласта (коллектора)

Рассматриваются математические модели различных коллекторов таких как: однородный гомогенный коллектор, модели коллектора двойной пористости и двойной проницаемости, композитные модели пласта.

11. Модели границ

Рассматриваются различные формы граничных условий, применяемых при аналитическом решении уравнения пьезопроводности и интерпретации ГДИС.

12. Пластовое давление. Коэффициент продуктивности

Дается понятие пластового давления, методов его оценки по средствам ГДИС. Рассматриваются методы оценки коэффициента продуктивности скважин, и способы его повышения.

13. Исследования газовых скважин

Приводятся основные отличия физических свойств газа от жидкости. Рассмотрены основные методы интерпретации газовых скважин таких как: метод противодействия, изохронным методом, модифицированным изохронным методом.

14. Дизайн ГДИС

Рассматриваются основные принципы при составлении дизайна ГДИС (дизайн ГДИС это планирование будущего исследования). Показаны основные цели и задачи, решаемые при дизайне.

5. Учебно-методическое обеспечение и планирование самостоятельной работы обучающихся

Таблица 4

№ темы	Темы	Формы СРС, включая требования к подготовке к занятиям
1	Роль ГДИС в системе знаний о пласте и управления его разработкой	Проработка лекций. Чтение основной и дополнительной литературы.
2	Виды ГДИС	Проработка лекций. Чтение основной и дополнительной литературы.
3	Исходная информация для ГДИС. Краткий обзор приборной базы	Проработка лекций. Чтение основной и дополнительной литературы.
4	Уравнение неразрывности и законы движения	Проработка лекций. Чтение основной и дополнительной литературы. Выполнение лабораторных работ
5	Основные понятия и определения теории фильтрации	Проработка лекций. Чтение основной и дополнительной литературы. Выполнение лабораторных работ
6	Математическая постановка задач однофазной фильтрации	Проработка лекций. Чтение основной и дополнительной литературы. Выполнение лабораторных работ
7	Ретроспективный анализ методов интерпретации ГДИС	Проработка лекций. Чтение основной и дополнительной литературы. Выполнение лабораторных работ
8	Модели ствола скважин	Проработка лекций. Чтение основной и дополнительной литературы. Выполнение лабораторных работ
9	Модели скважин	Проработка лекций. Чтение основной и дополнительной литературы. Выполнение лабораторных работ
10	Модели пласта (коллектора)	Проработка лекций. Чтение основной и дополнительной литературы. Выполнение лабораторных работ
11	Модели границ	Проработка лекций. Чтение основной и дополнительной литературы. Выполнение лабораторных работ
12	Пластовое давление. Коэффициент продуктивности	Проработка лекций. Чтение основной и дополнительной литературы. Выполнение лабораторных работ
13	Исследования газовых скважин	Проработка лекций. Чтение основной и дополнительной литературы. Выполнение лабораторных работ
14	Дизайн ГДИС	Проработка лекций. Чтение основной и дополнительной литературы.

6. Промежуточная аттестация по дисциплине

6.1. Оценочные материалы для проведения промежуточной аттестации по дисциплине

В течение семестра обучающемуся необходимо будет решить 4 задачи, после чего устно их защитить, отвечая преподавателю на вопросы.

Примеры задач:**Задание № 1. Интерпретация данных ГДИС вертикальной скважины гомогенного коллектора**

Исходные данные: свойства нефтяного флюида, перфорированная толщина пласта, пористость, зависимость дебита от времени, зависимость забойного давления от времени.

Необходимо определить: пластовое давление, гидропроводность, проницаемость, скин-фактор.

Задание № 2. Интерпретация данных ГДИС вертикальной скважины коллектора двойной пористости, двойной проницаемости

Исходные данные: свойства нефтяного флюида, перфорированная толщина пласта, пористость, зависимость дебита от времени, зависимость забойного давления от времени.

Необходимо определить: пластовое давление, гидропроводность, проницаемость, скин-фактор, объемную долю трещин в коллекторе, проницаемость трещиноватой среды, интенсивность массообменных между матрицей и трещиной.

Задание № 3. Интерпретация «сложных» ГДИС, применение численной модели

Исходные данные: координаты скважин, данные о работе скважин, типы заканчивания скважин, данные о ГРП в скважинах, карты пористости, карты проницаемости, карты эффективных толщин, граница разломов, свойства нефтяного флюида.

Необходимо определить: расстояние от скважин до непроводящего разлома, расстояние от добывающей скважины до соседней нагнетательной, пластовое давление, гидропроводность, проницаемость, скин-фактор.

Задание № 4. Интерпретация ГДИС газовых скважин

Исходные данные: состав газа, перфорированная толщина пласта, пористость, зависимость дебита от времени, зависимость забойного давления от времени.

Необходимо определить: пластовое давление, гидропроводность, проницаемость, скин-фактор зависящий от скорости.

Примерные вопросы к задачам:

- 1) Назовите основные фильтрационно-емкостные свойства керна.
- 2) Что такое скин-фактор?
- 3) Какие реологические параметры пластового флюида необходимо знать при расчётах задач?
- 4) Какие существуют типы заканчивания скважины?
- 5) Какую роль играют ГДИС при разработке нефтяных месторождений?
- 6) Назовите основные виды гидродинамических исследований скважин и их особенности.
- 7) Назовите режимы работы скважин.

В конце семестра проводится экзамен (собеседование с преподавателем), в ходе которого преподаватель задаёт вопрос по пройденному материалу.

Контрольные вопросы при подготовке к экзамену:

1. Согласование данных петрофизики, ГИС и ГДИС.
2. Виды ГДИС, какие цели и задачи ставятся перед ГДИС?
3. В чем преимущества и недостатки исследования на установившемся и не установившемся режимах фильтрации?
4. Для чего применяется гидропрослушивание скважин?

5. Для чего применяется и в чем преимущества/недостатки промысловой системы единиц измерения?
6. Какая исходная информация необходима для проведения интерпретации ГДИС?
7. Какие приборы применяются для замера расходных и термобарических параметров на скважине? В чем преимущества и недостатки уровнемеров?
8. Физический смысл уравнения неразрывности.
9. Что представляют из себя уравнения движения? Почему для пористой среды нельзя использовать второй закон Ньютона в явном виде?
10. Физический смысл уравнения неразрывности для пористой среды.
11. Границы применимости закона Дарси.
12. Разница между гидрофильным и гидрофобным коллектором.
13. Для чего в фильтрационных моделях задается капиллярное давление? Физический смысл функции распределения Леверетта.
14. Физический смысл ОФП. Для чего в фильтрационных моделях необходимо задание ОФП?
15. Чем отличается установившийся режим от неуставившегося?
16. В каких случаях применяют формулы для плоскопараллельной и радиальной фильтрации?
17. Уравнения пьезопроводности.
18. В чем заключается физический и математический смысл влияния ствола скважины?
19. Какое влияние ВСС оказывает на поведение производной давления?
20. В чем заключается физический и математический смысл скин-фактора?
21. Какое влияние оказывает скин-фактор, КН, полудлина X_f , проводимости трещины F_s на поведение производной давления вертикальной скважине с ГРП?
22. Какое влияние оказывает анизотропия пласта k_z/k_r , эффективная длина и проводимость КН на поведение производной давления горизонтальной скважины?
23. Модели двойной пористости. Физический смысл коэффициентов λ , ω и k в моделях двойной пористости и проницаемости. Что характеризует первый и второй радиальный режим на диагностическом графике производной давления модели двойной пористости?
24. Модели двойной проницаемости. Почему увеличение скин-фактора в высокопроницаемом слое k_1 оказывает большее влияние на модель двойной проницаемости по сравнению с низкопроницаемым слоем k_2 ?
25. Композитные модели пласта.
26. Физический смысл границ постоянного давления и непроницаемых границ.
27. Каково влияние одиночной непроницающей границы и границы постоянного давления на производную давления?
28. В чем основные отличия замкнутых и открытых границ?
29. Расчёт среднего пластовое давление в области дренирования скважин.
30. Коэффициент продуктивности.
31. Методы исследования газовых скважин. В чем заключаются отличия PVT свойств газа и нефти? В чем физический смысл возникновения дополнительных сопротивлений при высоких скоростях фильтрации?
32. Дизайн ГДИС. В чем разница между прямой и обратной задачей? Для чего проводят предварительное проектирование исследования? Основные источники исходной информации.

6.2. Критерии оценивания компетенций

Таблица 5

Карта критериев оценивания компетенций

№ п/п	Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенций, соотнесенные с планируемыми результатами обучения	Оценочные материалы	Критерии оценивания
1.	ПК-2: Способен применять методы аналитических исследований в соответствующей области знаний	<p>Пороговый уровень освоения ОП (удовл.): <i>Знает:</i> основные типы и методы исследования скважин. <i>Умеет:</i> применять расчётные формулы для характеристики движения жидкости и газа в пористой среде.</p> <p>Базовый уровень (хор.): <i>Знает:</i> наименование оборудования, применяемого при исследовании скважин. <i>Умеет:</i> применять полученные знания путём решения профильных задач.</p> <p>Повышенный уровень (отл.): <i>Знает:</i> основные типы и методы исследования скважин, физические основы процессов, наименование оборудования, применяемого при исследовании скважин, применяемые при исследовании скважин. <i>Умеет:</i> применять полученные знания путём решения профильных задач, производить анализ существующих проблем при эксплуатации скважин и выбирать технические средства для их решения</p>	Лабораторные работы. Собеседование с преподавателем	Корректность и своевременность выполнения лабораторных работ. Правильность ответов на вопросы при защите лабораторных работ. Экзамен: правильность при ответах на вопросы преподавателя.

7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

7.1. Основная литература:

Подземная гидромеханика / К.С. Басниев, Н.М. Дмитриев, Р.Д. Каневская, В.М. Максимов. — 2-е изд. — Москва, Ижевск: Институт компьютерных исследований, 2019. — 488 с. — ISBN 978-5-4344-0605-5. — Текст: электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS: [сайт]. — URL: <http://www.iprbookshop.ru/91980.html> (дата обращения: 12.04.2021). — Режим доступа: для авторизир. пользователей

7.2. Дополнительная литература:

1) Серебряков, О.И. Гидрогеология нефти и газа: учебник / О.И. Серебряков, Л.Ф. Ушивцева, Т.С. Смирнова. — Москва: АльфаМ: ИНФРА-М, 2020. — 249 с. + Доп. материалы [Электронный ресурс]. — (Высшая школа: Бакалавриат). — ISBN 978-5-98281-436-4. — Текст: электронный. — URL: <https://znanium.com/catalog/product/1059222> (дата обращения: 12.04.2021). — Режим доступа: по подписке.

2) Карнаухов, М.Л. Современные методы гидродинамических исследований скважин: Справочник инженера по исследованию скважин [Электронный ресурс] / М.Л. Карнаухов, Е.М. Пьянкова. — Москва: Инфра-Инженерия, 2010. — 432 с. — ISBN 978-5-9729-0031-2. — Текст: электронный. — URL: <https://znanium.com/catalog/product/520606> (дата обращения: 12.04.2021). — Режим доступа: по подписке.

7.3. Интернет-ресурсы:

-

7.4 Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы:

- 1) eLIBRARY – Научная электронная библиотека (Москва) <http://elibrary.ru/>
- 2) Электронная библиотечная система ZNANIUM.COM <http://znanium.com/>

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

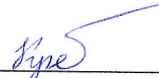
- Лицензионное ПО, в том числе отечественного производства:
платформа для электронного обучения Microsoft Teams;
Microsoft Office 365.

9. Технические средства и материально-техническое обеспечение дисциплины

Учебная аудитория с мультимедийным проектором для проведения лекционных занятий. Компьютерный класс с рабочими станциями, объединёнными в локальную сеть и подключенными в сеть Интернет.

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«ТЮМЕНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

УТВЕРЖДАЮ
Заместитель директора
Физико-технического института
по учебной работе


С.А. Креков
« 23 » 06. 2021 г.

ТЕПЛОВЫЕ ДВИГАТЕЛИ
Рабочая программа дисциплины
для обучающихся по направлению подготовки
16.03.01 Техническая физика
Профиль: Техническая физика в нефтегазовых технологиях
форма обучения: очная

Шастунова У.Ю. Тепловые двигатели. Рабочая программа дисциплины для обучающихся по направлению подготовки 16.03.01 Техническая физика, профиль Техническая физика в нефтегазовых технологиях, форма обучения очная. Тюмень, 2021.

Рабочая программа дисциплины опубликована на сайте ТюмГУ: <https://www.utmn.ru/sveden/education/#>.

1. Пояснительная записка

Дисциплина «Тепловые двигатели» состоит из 3 модулей: «Поршневые двигатели внутреннего сгорания» (модуль 1), «Теплообменные аппараты» (модуль 2), «Газотурбинные и комбинированные установки» (модуль 3).

Модуль 1. Поршневые двигатели внутреннего сгорания.

Цель модуля 1 заключается в том, чтобы вспомнить и научить решать различные теплофизические задачи, которые неизбежно будут возникать в его дальнейшей работе по специальности после окончания вуза.

Основные задачи модуля 1:

- 1) овладение студентами аналитических методов решения задач по расчетам циклов поршневых двигателей внутреннего сгорания;
- 2) ознакомление студентов с особенностью термодинамики двухфазных систем (водяного пара и влажного воздуха), а также циклами паросиловых установок.

Модуль 2. Теплообменные аппараты.

Цель модуля 2 заключается в том, чтобы дать студентам необходимые знания и умения по вопросам применения основных законов распространения теплоты в пространстве для анализа и инженерного расчета процессов в современных теплообменных и теплопередающих устройствах.

Основные задачи модуля 2:

- 1) изучение студентами конструкций наиболее распространенных теплообменных аппаратов, методов их расчета и применения совместно с другими технологическими аппаратами и оборудованием;
- 2) изучение студентами конструкций и методов расчета котельного оборудования;
- 3) изучение студентами особенностей применения теплофизических уравнений в инженерной практике.

Модуль 3. Газотурбинные и комбинированные установки.

Цель освоения модуля 3 – дать студентам знания и умения моделирования, проектирования, совершенствования и эксплуатации газотурбинных и комбинированных установок (ГТиКУ) на различных этапах жизненного цикла.

Задачи освоения модуля 3:

- 1) освоение студентами современных методов проектирования;
- 2) освоение студентами методов выбора схем, циклов и параметров ГТиКУ;
- 3) изучение и приобретение умений проектирования на современном уровне компрессоров, турбин, камер сгорания, теплообменных аппаратов с применением компьютерного моделирования;
- 4) изучение студентами методов совершенствования диагностики и эксплуатации ГТиКУ;
- 5) формирование профессиональных компетенций по анализу технического состояния и методов модернизации ГТиКУ;
- 6) обеспечение потребностей рынка труда в высококвалифицированных специалистах по проектированию, исследованию и эксплуатации ГТиКУ при транспорте природного газа, в энергетике и других отраслях.

1.1. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Данная дисциплина входит в вариативную часть блока Б1 Дисциплины (модули) и относится к дисциплинам по выбору.

Для изучения данного курса необходимы знания, приобретенные в ходе изучения дисциплин «Математический анализ», «Высшая математика», «Теплообмен сложных систем», «Теплофизика», «Свойства теплообменных сред».

1.2. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения данной дисциплины

Таблица 1

Код и наименование компетенции (из ФГОС ВО)	Код и наименование части компетенции	Компонент (знаниевый/функциональный)
ПК-2: Способность применять методы аналитических исследований в соответствующей области знаний	–	<p>Знает</p> <ul style="list-style-type: none"> – основные понятия, определения, принципы и законы термодинамики; – классификацию теплообменных аппаратов и их конструктивные особенности; – физико-математическое описание процессов в теплообменных аппаратах; – методики инженерного расчета аппаратов различного типа и назначения; – классификацию, устройство и особенности применения котельных агрегатов, характеристики, состав и особенности применения наиболее распространенных видов органического топлива, – методы расчета основных показателей работы котлоагрегатов; – физические принципы и теплофизические процессы в ГТиКУ; – современные методы термогазодинамического и прочностного расчета ГТиКУ, – конструктивные особенности и режимные характеристики ГТиКУ.
	–	<p>Умеет</p> <ul style="list-style-type: none"> – правильно применять понятия, определения, принципы и законы термодинамики при анализе различных термодинамических процессов и циклов; – проводить расчет и анализ работы теплообменных аппаратов; – производить подбор необходимого типа аппарата для конкретной области применения и стыковку работы аппарата с другими звеньями технологической цепочки; – анализировать режим работы аппаратов по объективным показателям и управлять этими режимами;

		<ul style="list-style-type: none"> – производить подбор необходимого котельного оборудования и расчет основных параметров его работы, – обоснованно выбирать типы и схемы ГТиКУ для различных условий применения; – разрабатывать и использовать методики термогазодинамического и прочностного расчета ГТиКУ; – разрабатывать новые и использовать существующие программы автоматизированного расчета ГТиКУ; – выбирать оптимальные основные параметры ГТУ по данным аналитических исследований.
--	--	--

2. Структура и объем дисциплины

Таблица 2

Вид учебной работы	Всего часов (академические часы)	Часов в семестре (академические часы)
		8 семестр
Общий объем	4	4
зач. ед. час	144	144
Из них:		
Часы контактной работы (всего):	62	62
Лекции	32	32
Практические занятия	28	28
Лабораторные / практические занятия по подгруппам	-	-
Консультации и иная контактная работа	2	2
Часы внеаудиторной работы, включая самостоятельную работу обучающегося	82	82
Вид промежуточной аттестации		Экзамен

3. Система оценивания

3.1. На учебных занятиях оценивается работа студентов следующим образом:

- 3 контрольные (творческие) работы (0-12 баллов) по темам «Сдача расчета ДВС, паросиловой или холодильной установки по вариантам», «Сдача расчета "Аппарат воздушного охлаждения" (вариантная работа)», «Сдача расчетов ГТУ (по вариантам)». Студенту необходимо будет самостоятельно сделать технологический расчет теплообменных устройств. Для выполнения задания можно использовать MICROSOFT EXCEL.

- Семинар по решению задач на тему "Газотурбинные комбинированные установки" (0-16 баллов).

- 3 расчетных семинара по модулю «Газотурбинные установки» (0-16 баллов каждый):

- расчет, проектирование и характеристики камер сгорания;
- расчет напряжений в лопатках, дисках, трубопроводах, корпусных деталях;
- расчет на прочность при переменных по времени напряжениях.

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

Форма промежуточной аттестации по дисциплине – экзамен. Экзамен возможно получить автоматически, при наборе:

65 баллов – оценка "удовлетворительно";

80 баллов – оценка "хорошо".

Если студент претендует на отметку "отлично", то он сдает экзамен в устной форме. Обязательным условием сдачи экзамена на "отлично" – это сдача трех творческих работ по курсу.

Студент, не посещавший 50% семинаров, к экзамену не допускается. В ведомость автоматически проставляется "неудовлетворительно".

4. Содержание дисциплины

4.1. Тематический план дисциплины

Таблица 3

№ п/п	Наименование тем и/или разделов	Объем дисциплины, час.				
		Всего	Виды аудиторной работы (академические часы)			Консультации и иная контактная работа
			Лекции	Практические занятия	Лабораторные/практические занятия по подгруппам	
1	2	3	4	5	6	7
1.	Основные термины и понятия, параметры состояния термодинамических систем.	8	2	2	0	0
2.	Циклы поршневых ДВС (двигателей внутреннего сгорания).	10	2	2	0	0
3.	Водяной пар.	10	2	2	0	0
4.	Паросиловые установки.	10	2	2	0	0
5.	Циклы холодильных установок.	10	2	2	0	0
6.	Теоретические основы расчета теплообменных аппаратов.	10	2	2	0	0
7.	Характеристики аппаратов воздушного охлаждения (АВО), области и особенности их применения в газовой промышленности.	12	4	2	0	0
8.	Испарители и конденсаторы.	10	2	2	0	0

	Особенности расчета теплообмена в многофазных средах.					
9.	Классификация и назначение котельных агрегатов, их конструкции.	10	2	2	0	0
10.	Современный уровень развития и перспективные типы ГТиКУ. Направления развития ГТУ.	4	2	0	0	0
11.	Расчет, проектирование и характеристики теплообменных аппаратов ГТиКУ.	10	2	2	0	0
12.	Системы охлаждения ГТУ.	4	2	0	0	0
13.	Расчет, проектирование и характеристики камер сгорания.	6	0	2	0	0
14.	Режимные параметры и характеристики ГТиКУ.	10	2	2	0	0
15.	Автоматизированное проектирование ГТУ.	6	0	2	0	0
16.	Прочность турбомашин.	4	2	0	0	0
17.	Эксплуатация ГТиКУ. Ремонт и модернизация ГТУ.	4	0	2	0	0
18.	Диагностика ГТУ.	4	2	0	0	0
	Экзамен	2	0	0	0	2
	Итого (часов):	144	32	28	0	0

4.2. Содержание дисциплины по темам

Тема 1. Основные термины и понятия, параметры состояния термодинамических систем.

Первое начало (первый закон) термодинамики. Принцип построения термодинамики. Термодинамическая система и рабочее тело. Параметры состояния. Уравнения состояния. P-V-диаграмма. Первое начало (первый закон) термодинамики. Внутренняя энергия и внешняя работа. Энтальпия. Техническая работа при движении потока газа (уравнение первого закона термодинамики для потока).

Понятие политропного процесса, как наиболее общего вида процессов. Частные случаи: изохорный, изобарный, изотермический, адиабатный процесс. Круговые процессы.

Тема 2. Циклы поршневых ДВС (двигателей внутреннего сгорания).

Индикаторные диаграммы и циклы поршневых двигателей внутреннего сгорания (ДВС). Понятие термического КПД. Источники тепла. Холодильный коэффициент. Цикл и теорема Карно. Цикл Отто. Цикл Дизеля. Цикл Тринклера. Сравнение термического КПД циклов Отто, Дизеля и Тринклера.

Тема 3. Водяной пар.

Общие положения. Сухой насыщенный пар. Влажный насыщенный пар. Перегретый пар. Энтропия. Энтропийные диаграммы для влажного пара. Процессы изменения состояния водяного пара.

Тема 4. Паросиловые установки.

Циклы паросиловых установок. Теплофикационный цикл. Регенеративный цикл. Бинарный цикл.

Расчеты газовых циклов поршневых ДВС. Определение термодинамических параметров в основных и промежуточных точках цикла, определение средних теплоемкостей, работы, теплоты и изменения функций состояния в процессах, расчет КПД цикла, построение изображения цикла.

Тема 5. Циклы холодильных установок.

Цикл воздушной холодильной установки.

Цикл паровой компрессорной установки.

Проведение на практическом занятии контрольной работы №1. Выполняется самостоятельно и индивидуально с использованием методических указаний.

Примерные задания для контрольной работы №1:

1. Провести расчет термодинамического цикла ДВС;
2. Провести расчет паросиловой установки;
3. Провести расчет холодильной установки.

Тема 6. Теоретические основы расчета теплообменных аппаратов.

Уравнение теплопередачи и теплового баланса. Конвективный теплообмен, критерии подобия, критериальные уравнения, коэффициенты теплоотдачи и теплопередачи, водяные эквиваленты поверхности теплопередачи и теплоносителя.

Особенности теплообмена ребристых поверхностей. Уравнение теплопроводности стержня бесконечной и конечной длины, избыточная температура, избыточная безразмерная температура, параметр ребра (стержня).

Классификация теплообменных аппаратов. Аппараты объемные и поверхностные, регенераторы и рекуператоры, типы поверхностей по наличию или отсутствию оребрения. Схемы течения теплоносителей в аппаратах. Аппараты кожухотрубчатые и «труба в трубе». Аппараты воздушного охлаждения горизонтальные, вертикальные и зигзагообразные.

Тема 7. Характеристики аппаратов воздушного охлаждения (АВО), области и особенности их применения в газовой промышленности.

Коэффициенты оребрения поверхности и теплопередачи, площади теплопередающих поверхностей и другие геометрические характеристики. Необходимость применения АВО для охлаждения газа и масла на компрессорных станциях магистральных газопроводов. Вентиляторы АВО и их характеристики.

Температура газа на выходе из компрессорной станции и ее изменение по длине газопровода, температура наружного воздуха и ее влияние на процесс теплопередачи, влияние расхода газа и температуры грунта на режим работы АВО. Коэффициент энергетической эффективности АВО.

Методика расчета АВО. Исходные данные, свойства теплоносителей, их расходы и температуры, среднелогарифмический температурный напор, индексы противоточности для различных схем течения, последовательность расчета.

Пример расчета АВО. Задание численных значений температур, расходов и теплофизических свойств теплоносителей, выбор конструкции и назначения аппарата, проведение численного расчета.

Оценка влияния температур и расходов теплоносителей на режим работы теплообменника. Глубина охлаждения. Номограмма совместной работы АВО и газопровода.

Проведение контрольной работы №2 «Расчет аппарата воздушного охлаждения». Выполняется самостоятельно и индивидуально согласно методическим указаниям».

Тема 8. Испарители и конденсаторы. Особенности расчета теплообмена в многофазных средах.

Критериальные уравнения теплообмена с учетом фазовых переходов при испарении и конденсации. Капельная и пленочная конденсация. Механизм кипения на поверхности и в объеме, кризис кипения. Влияние режима стекания пленки конденсата и формы пучка труб на процесс конденсации.

Тема 9. Классификация и назначение котельных агрегатов, их конструкции.

Классификация и назначение котельных агрегатов, их конструкции. Водогрейные и паровые котлы, барабанные, прямоточные и с принудительной многократной циркуляцией, деление котлов на группы по паропроизводительности и давлению. Особенности конструкций в зависимости от вида топлива.

Виды органических топлив, их характеристики и особенности сжигания. Элементный состав топлив. Формула Менделеева. Твердое, жидкое и газообразное топливо, их влажность, зольность, высшая и низшая теплота сгорания, рабочая, сухая и горючая масса. Вихревые, слоевые, мазутные и газовые топки, горелки и форсунки. Перспективные способы сжигания топлив.

Энтальпия продуктов сгорания, конвективный теплообмен в котлоагрегате. Уравнения для расчета объема продуктов сгорания, теоретически необходимого объема воздуха, теплоемкости и энтальпии продуктов сгорания. Поправочные коэффициенты, учитывающие расположение труб в пучке и его положение в пространстве.

Расчет котельного аппарата.

Тема 10. Современный уровень развития и перспективные типы ГТКУ. Направления развития ГТУ.

Современные типы, конструктивные схемы, циклы и процессы в нефтегазовом комплексе, энергетике, авиации, на транспорте, в космических системах, жилищно-коммунальном хозяйстве. Параметры современных и перспективных ГТКУ. Научные исследования в области совершенствования ГТКУ, их узлов и систем.

Повышение температуры газа перед турбиной – магистральное направление развития ГТУ. Оптимизация степени сжатия в высокотемпературных ГТУ. Аэродинамическое совершенствование проточной части. Анализ перспективных параметров ГТУ усложненного цикла (с промежуточным воздухоохладителем, с камерой сгорания промежуточного подогрева газа, с регенератором). Анализ перспективных параметров паротурбинных, дизельных и комбинированных установок. Парогазовые и газопаровые установки.

Аэродинамические модели квазиодномерной теории турбомашин. Теория плоских решеток. Теория пограничного слоя. Осесимметричные течения в турбомашинах. Вторичные течения в турбомашинах. Трехмерные модели турбулентного течения в турбомашинах (однопараметрические, двухпараметрические, трехпараметрические модели турбулентности).

Тема 11. Расчет, проектирование и характеристики теплообменных аппаратов ГТиКУ.

Современная теория и конструкции теплообменных аппаратов ГТиКУ. Сравнительная эффективность поверхностей теплообмена. Выбор оптимальных скоростей теплоносителей. Методики теплогидравлического расчета теплообменных аппаратов типа «жидкость – газ», «газ-газ». Теплообменные аппараты ГТиКУ с процессами фазового перехода. Технико-экономическая оптимизация теплообменных аппаратов. Проблемы эксплуатации теплообменных аппаратов.

Тема 12. Системы охлаждения ГТУ.

Открытые, замкнутые и полужамкнутые системы охлаждения. Воздушные, паровые, жидкостные системы охлаждения. Комплексная проблема совершенствования систем охлаждения. Охлаждение лопаток, дисков, корпусных деталей. Методики расчета тепломассобмена при внешнем обтекании поверхностей. Теплогидравлический расчет течений охладителя во внутренних каналах. Критерии эффективности охлаждаемых турбин.

Тема 13. Расчет, проектирование и характеристики камер сгорания.

Основные принципы совершенствования камер сгорания. Требования, предъявляемые при проектировании камер сгорания. Основы теории горения в камере сгорания. Системы подачи топлива. Уравнения материального и теплового баланса в камере сгорания. Экспериментальные характеристики камер сгорания. Моделирование трехмерных турбулентных течений в камерах сгорания. Доводка и эксплуатация камер сгорания.

Тема 14. Режимные параметры и характеристики ГТиКУ.

Виды характеристик узлов ГТиКУ. Интегральные характеристики ГТиКУ. Критерии подобия при построении характеристик. Методы расчетно-экспериментального построения характеристик узлов и установок в целом. Построение характеристик узлов по данным испытаний на стендах. Метод построения характеристик узлов по данным диагностики при натурных испытаниях и эксплуатации. Расчет характеристик одновальных, двухвальных и трехвальных ГТУ. Влияние параметров наружного воздуха на характеристики ГТУ.

Тема 15. Автоматизированное проектирование ГТУ.

Инженерные методики расчета напряжений в лопатках, дисках, трубопроводах, корпусных деталях. Расчет на прочность при переменных по времени напряжениях. Долговечность подшипников турбомашин. Резонансные явления в турбомашинах. Современные программные комплексы для расчета напряженно-деформированного состояния лопаток, дисков, корпусов.

Тема 16. Прочность турбомашин.

Теории прочности и надежности. Виды прочностных расчетов лопаток, дисков, корпусных деталей. Математические модели теории упругости, пластичности, усталости. Прочностные свойства конструкционных материалов. Методы нанесения упрочняющих покрытий.

Тема 17. Эксплуатация ГТиКУ. Ремонт и модернизация ГТУ.

Научные основы эксплуатации ГТиКУ. Показатели режима работы ГТУ на примере эксплуатации газоперекачивающих агрегатов. Особенности эксплуатации тепломеханического оборудования. Мониторинг технического состояния установок. Технологические задачи при эксплуатации. Регулирование турбомашин. Эксплуатационные показатели ГТУ. Энергоресурсосбережение при эксплуатации ГТиКУ.

Методы и средства эксплуатационного контроля оборудования. Виды ремонта, методы ремонта. Регламентные работы. Определение графиков ремонта по данным диагностики технического состояния оборудования. Организация ремонта на предприятии. Показатели качества ремонта. Модернизация оборудования в условиях ремонтного предприятия.

Проведение контрольной работы №3. Выполняется самостоятельно и индивидуально согласно методическим указаниям.

Примерные задания для контрольной работы №3:

1. Провести расчет термодинамического цикла и выбрать оптимальные параметры ГТУ простейшей тепловой схемы. Изучить конструкцию компрессора низкого давления.
2. Провести расчет термодинамического цикла и выбрать оптимальные параметры ГТУ с промежуточным воздухоохладителем. Изучить конструкцию теплообменного аппарата ГТУ.
3. Провести расчет термодинамического цикла и выбрать оптимальные параметры регенеративной ГТУ. Изучить конструкцию регенератора ГТУ.
4. Провести расчет термодинамического цикла и выбрать оптимальные параметры ГТУ с промежуточным подогревом газа. Изучить конструкцию камеры сгорания ГТУ.
5. Провести расчет термодинамического цикла и выбрать оптимальные параметры ГТУ с промежуточным воздухоохладителем и промежуточной камерой сгорания.
6. Рассчитать и спроектировать узел «Промежуточный воздухоохладитель ГТУ для энергетической ГТУ».
7. Провести расчетный анализ и проработать элементы системы охлаждения турбины высокого давления приводной ГТУ.

Тема 18. Диагностика ГТУ.

Виды диагностики ГТКУ. Термогазодинамическая диагностика. Расчетные термогазодинамические модели ГТУ, используемые при диагностике. Дифференциальная термогазодинамическая диагностика узлов ГТУ. Вибродиагностика. Трибодиагностика. Диагностика ГТКУ по комплексу показателей. Особенности автоматизированных диагностических систем при прямо-сдаточных испытаниях и в условиях эксплуатации.

5. Учебно-методическое обеспечение и планирование самостоятельной работы обучающихся

Таблица 4

№ Темы	Темы	Виды СРС
1.	Основные термины и понятия, параметры состояния термодинамических систем.	Чтение основной и дополнительной литературы. Проработка лекций. Решение задач.
2.	Циклы поршневых ДВС (двигателей внутреннего сгорания).	Чтение основной и дополнительной литературы. Проработка лекций. Решение задач.
3.	Водяной пар.	Чтение основной и дополнительной литературы. Проработка лекций. Решение задач.
4.	Паросиловые установки.	Чтение основной и дополнительной литературы. Проработка лекций. Решение задач.
5.	Циклы холодильных установок.	Чтение основной и дополнительной литературы. Проработка лекций. Решение задач.
6.	Теоретические основы расчета теплообменных аппаратов.	Чтение основной и дополнительной литературы. Проработка лекций. Решение задач.
7.	Характеристики аппаратов воздушного охлаждения (АВО), области и особенности их применения в газовой промышленности.	Чтение основной и дополнительной литературы. Проработка лекций. Решение задач.
8.	Испарители и конденсаторы. Особенности расчета теплообмена в многофазных средах.	Чтение основной и дополнительной литературы. Проработка лекций. Решение задач.

9.	Классификация и назначение котельных агрегатов, их конструкции.	Чтение основной и дополнительной литературы. Проработка лекций. Решение задач.
10.	Современный уровень развития и перспективные типы ГТиКУ. Направления развития ГТУ.	Чтение основной и дополнительной литературы.
11.	Расчет, проектирование и характеристики теплообменных аппаратов ГТиКУ.	Чтение основной и дополнительной литературы. Проработка лекций. Решение задач.
12.	Системы охлаждения ГТУ.	Чтение основной и дополнительной литературы.
13.	Расчет, проектирование и характеристики камер сгорания.	Проработка лекций. Решение задач.
14.	Режимные параметры и характеристики ГТиКУ.	Чтение основной и дополнительной литературы. Проработка лекций. Решение задач.
15.	Автоматизированное проектирование ГТУ.	Проработка лекций. Решение задач.
16.	Прочность турбомашин.	Чтение основной и дополнительной литературы.
17.	Эксплуатация ГТиКУ. Ремонт и модернизация ГТУ.	Проработка лекций. Решение задач.
18.	Диагностика ГТУ.	Чтение основной и дополнительной литературы.

6. Промежуточная аттестация по дисциплине

6.1. Оценочные материалы для проведения промежуточной аттестации по дисциплине

Экзамен проводится в устной форме по следующему алгоритму:

1. письменный ответ на билет, содержащий три вопроса, по одному из каждого модуля;
2. беседа с преподавателем на письменный ответ на билет (10-15 минут).

Ответы на экзаменационный билет оцениваются по следующим критериям:

"отлично" – студент дал полный ответ на теоретические вопросы, продемонстрировал взаимосвязь теоретических основ изучаемой дисциплины и практики;

"хорошо" – студент показал систематические знания по дисциплине, но имеются недочеты в ответах;

"удовлетворительно" – студент имеет представления об основных понятиях изучаемой дисциплины и применении их в практике, недостаточно владеет теоретическими основами, в ответах допускает ошибки, которые может исправить под руководством преподавателя;

"неудовлетворительно" – студент не имеет систематических знаний в области изучаемой дисциплины, слабо разбирается в практических вопросах и др., допускает принципиальные ошибки в ответах.

Примерные вопросы для подготовки к экзамену:

Модуль 1

1. Принцип построения термодинамики. Термодинамическая система и рабочее тело. Параметры состояния. Уравнения состояния. Первое начало (первый закон) термодинамики. Внутренняя энергия и внешняя работа.

2. Энтальпия.

3. Техническая работа при движении потока газа (равнение первого закона термодинамики для потока).

4. Циклы. Понятие термического КПД. Источники тепла. Холодильный коэффициент.

5. Цикл и теорема Карно.

6. Цикл Отто.

7. Цикл Дизеля.

8. Цикл Тринклера. Сравнение термического КПД циклов Отто, Дизеля и Тринклера.

9. Второй закон термодинамики. Принцип существования и принцип возрастания энтропии.

10. Аналитическое выражение второго закона термодинамики. Формулировки второго закона термодинамики.

11. Объединенные уравнения первого и второго законов термодинамики. Третий закон термодинамики.

12. Цикл и схема простейшей ГТУ.

13. Схема и цикл поршневого одноступенчатого компрессора.

14. Схема и цикл многоступенчатого компрессора.

15. Схема и цикл ПГУ.

16. Схема и цикл воздушной холодильной установки.

17. Основные термодинамические процессы.

18. Политропный процесс, понятие показателя политропы.

Модуль 2

1. Составляющие уравнения теплового баланса теплообменного аппарата.

2. Вывод уравнения коэффициента теплопередачи для стенки произвольной формы.

3. Физический смысл членов уравнения теплового баланса теплообменного аппарата.

4. Вывод уравнения теплопроводности стержня (ребра) конечной длины

5. Физический смысл параметра ребра (стержня) и возможности регулирования теплообмена обребренной поверхности

6. Классификация теплообменных аппаратов.

7. Конструкции теплообменных аппаратов.

8. Характеристики АВО.

9. Принципы работы АВО, основные параметры, влияющие на эффективность охлаждения.

10. Задание исходных данных для расчета АВО.

11. Порядок расчета АВО.

12. Совместная работа АВО и газопровода.

13. Оптимизация режимов работы АВО в зависимости от режима работы газопровода.

14. Механизм процесса кипения, теплообмен при кипении.

15. Механизм процесса конденсации, теплообмен при конденсации.

16. Конструкции кожухотрубчатых теплообменных аппаратов.

17. Методы и границы регулирования режимов работы теплообменных аппаратов.

18. Принципы подбора теплообменных аппаратов и их место в технологических цепочках.

19. Классификация котельных агрегатов.

20. Основные показатели работы котельных агрегатов.

21. Устройство водогрейных котлов.

22. Устройство паровых котлов.

23. Твердое топливо и его характеристики.

24. Жидкое топливо и его характеристики.

25. Газообразное топливо и его характеристики.

26. Способы сжигания твердых топлив.

27. Способы сжигания жидких и газообразных топлив.

28. Расчет объема продуктов сгорания топлива.

29. Расчет энтальпии продуктов сгорания топлива.

30. Состав продуктов сгорания топлива, защита окружающей среды.

31. Лучистый теплообмен в газовой среде, средняя длина пути луча.

32. Степень черноты продуктов сгорания топлива, зависимость от давления и температуры.

33. Уравнение теплового баланса котельного агрегата.

34. Физическая и химическая неполнота сгорания топлива.
35. Расчет потерь тепла с продуктами сгорания.
36. Расчет потерь тепла при золо-шлакоудалении.
37. Нетто и брутто КПД котельных агрегатов.
38. Расход топлива котельных агрегатов и влияние на него различных факторов.
39. Принципы подбора котельного оборудования для конкретных потребителей.
40. Методы энергосбережения при эксплуатации котельных агрегатов.

Модуль 3

1. Параметры, циклы и схемы современных ГТКУ.
2. Направление совершенствования ГТКУ.
3. Влияние температуры перед турбиной на КПД и мощность ГТУ.
4. Оптимизация степени сжатия в ГТУ.
5. ГТУ с охлаждением в процессе сжатия.
6. Регенеративные ГТУ.
7. ГТУ с подогревом в процессе расширения.
8. Парогазовые установки.
9. Газопаровые установки.
10. Модели течения в компрессорах.
11. Модели течения в турбинах.
12. Теория плоских решеток.
13. Осесимметричные течения в турбомашинах.
14. Квазиодномерная теория турбомашин.
15. Численные методы расчета турбомашин.
16. Теплообменные аппараты ГТКУ.
17. Системы охлаждения ГТКУ.
18. Камеры сгорания ГТКУ.
19. Прочность элементов ГТКУ.
20. Диагностика ГТКУ.
21. Эксплуатация ГТКУ.
22. Вспомогательные системы ГТУ.
23. Ремонт и модернизация ГТУ.
24. Характеристики узлов ГТУ.
25. Характеристики приводных ГТУ.

6.2. Критерии оценивания компетенций:

Таблица 5

Карта критериев оценивания компетенций

№ п/п	Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенций, соотнесенные с планируемыми результатами обучения	Оценочные материалы	Критерии оценивания
1.	ПК-2: Способность применять методы аналитических исследований в соответствующей области знаний	Пороговый уровень освоения ОП (удовл.): Знает: основные понятия, определения, принципы и законы термодинамики; классификацию теплообменных	Решение задач, контрольные работы, экзамен	Правильность решения практических заданий (задач), заданных на дом и индивидуально. Правильность решения

		<p>аппаратов и их конструктивные особенности; классификацию, устройство и особенности применения котельных агрегатов, характеристики, состав и особенности применения наиболее распространенных видов органического топлива, физические принципы и теплофизические процессы в ГТиКУ;</p> <p>Умеет: правильно применять понятия, определения, принципы и законы термодинамики при анализе различных термодинамических процессов и циклов;</p> <p>Базовый уровень (хор.):</p> <p>Знает: физико-математическое описание процессов теплообменных аппаратах; методы расчета основных показателей работы котлоагрегатов; современные методы термогазодинамического и прочностного расчета ГТиКУ.</p> <p>Умеет: проводить расчет и анализ работы теплообменных аппаратов; производить подбор необходимого котельного оборудования и расчет основных параметров его работы; обоснованно выбирать типы и схемы ГТиКУ для различных условий применения; использовать методики термогазодинамического</p>	<p>практических заданий (задач) на промежуточных аттестациях</p> <p>Экзамен:</p> <p>правильность ответов на вопросы, ссылки на дополнительные источники при ответе.</p> <p>Правильность решения задачи.</p>
--	--	--	---

		<p>и прочностного расчета ГТиКУ; использовать существующие программы автоматизированного расчета ГТиКУ;</p> <p>Повышенный уровень (отл.): Знает: методики инженерного расчета аппаратов различного типа и назначения; конструктивные особенности и режимные характеристики ГТиКУ. Умеет: производить подбор необходимого типа аппарата для конкретной области применения и стыковку работы аппарата с другими звеньями технологической цепочки; анализировать режим работы аппаратов по объективным показателям и управлять этими режимами; разрабатывать методики термогазодинамического и прочностного расчета ГТиКУ; разрабатывать новые программы автоматизированного расчета ГТиКУ; выбирать оптимальные основные параметры ГТУ по данным аналитических исследований.</p>		
--	--	---	--	--

7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

7.1. Основная литература:

Прокопенко, Н.И. Экспериментальные исследования двигателей внутреннего сгорания: учебное пособие / Н.И. Прокопенко. — Санкт-Петербург: Лань, 2010. — 592 с. — ISBN 978-

5-8114-1047-7. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/611> (дата обращения: 12.05.2021). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

7.2. Дополнительная литература:

1. Боруш О.В. Общая энергетика. Энергетические установки: учебное пособие / Боруш О.В., Григорьева О.К. — Новосибирск: Новосибирский государственный технический университет, 2017. — 96 с. — ISBN 978-5-7782-3430-7. — Текст: электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS: [сайт]. — URL: <http://www.iprbookshop.ru/91283.html> (дата обращения: 12.05.2021). — Режим доступа: для авторизир. пользователей.

2. Боруш О.В. Парогазовые установки: учебное пособие / Боруш О.В., Григорьева О.К. — Новосибирск: Новосибирский государственный технический университет, 2016. — 64 с. — ISBN 978-5-7782-3074-3. — Текст: электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS: [сайт]. — URL: <http://www.iprbookshop.ru/91651.html> (дата обращения: 12.05.2021). — Режим доступа: для авторизир. пользователей.

7.3. Интернет-ресурсы:

1. Образовательные ресурсы «Единое окно» <http://window.edu.ru/window/library>
2. Справочники и энциклопедии по физике <http://www.all-fizika.com/>

7.4. Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы:

1. <https://e.lanbook.com>
2. <https://znanium.com>
3. http://www.trmost.ru/lib-main.shtml?all_books
4. <http://biblioclub.ru>

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

- **Лицензионное ПО, в том числе отечественного производства:**
платформа для электронного обучения Microsoft Teams, офисный пакет Microsoft Office.


9. Технические средства и материально-техническое обеспечение дисциплины

Для проведения лекций требуется мультимедийная аудитория, оснащенная учебной мебелью, доской аудиторной меловой или маркерной, мультимедийным проекционным и акустическим оборудованием и персональным компьютером с выходом в сеть Интернет.

Для проведения практических занятий требуется учебная аудитория, оснащенная учебной мебелью и доской аудиторной меловой или маркерной.

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«ТЮМЕНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

УТВЕРЖДАЮ
Заместитель директора
Физико-технического института
по учебной работе


_____ С.А. Креков
« 23 » 06. 2021 г.

ОПТИКА

Рабочая программа дисциплины
для обучающихся по направлению подготовки
16.03.01 Техническая физика
Профиль: Техническая физика в нефтегазовых технологиях
форма обучения: очная

Креков С. А. Оптика. Рабочая программа для обучающихся по направлению подготовки 16.03.01 «Техническая физика», форма обучения очная. Тюмень, 2021.

Рабочая программа дисциплины (модуля) опубликована на сайте ТюмГУ: Оптика [электронный ресурс] / Режим доступа: <https://www.utmn.ru/sveden/education/#>.

Рабочая программа дисциплины включает следующие разделы:

1. Пояснительная записка

Цель дисциплины: дать студентам последовательную систему знаний об оптике, необходимых для формирования в сознании физической картины окружающего мира, применения физических понятий и законов к решению конкретных физических задач.

Задачи дисциплины:

- познакомить студентов с основными принципами и законами физики, касающиеся раздела «Оптика» и их математическим выражением;
- познакомить студентов с основными методами наблюдений, измерений, и экспериментирования в области оптических явлений;
- дать представление о теоретических методах исследований в физике;
- дать навык построения математических моделей простейших физических явлений, используя доступный математический аппарат;
- научить правильно соотносить содержание конкретных задач с общими законами физики.

1.1. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Данная дисциплина входит в базовую часть блока Б1 Дисциплины. Для ее успешного освоения необходимо предварительное изучение дисциплин «Механика», «Молекулярная физика», «Электричество и магнетизм», «Введение в математический анализ», «Математический анализ».

1.2. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения данной дисциплины

Код и наименование компетенции (из ФГОС ВО)	Компонент (знаниевый/функциональный)
ОПК-3: способность использовать базовые теоретические знания фундаментальных разделов общей и теоретической физики для решения профессиональных задач	Знает – фундаментальные разделы общей и теоретической физики (основы геометрической, волновой и квантовой оптики); – методы измерений и исследований, основанные на различных оптических эффектах.
	Умеет – применять физические законы и расчетные формулы при решении конкретных задач; – получать расчетные формулы для различных оптических установок и систем.

2. Структура и объем дисциплины

Таблица 1

Вид учебной работы		Всего часов (академические часы)	Часов в семестре (академические часы)
			4
Общий объем	зач. ед.	6	6
	час	216	216
Из них:			
Часы аудиторной работы (всего):		120	120
Лекции		34	34
Практические занятия		52	52
Лабораторные / практические занятия по подгруппам		34	34
Часы внеаудиторной работы, включая самостоятельную работу обучающегося		96	96
Вид промежуточной аттестации (зачет, диф. зачет, экзамен)			Экзамен

3. Система оценивания

При текущем контроле учитывается несколько видов деятельности обучающихся:

- активность на семинарах (0 – 28 баллов);
- выполнение домашних заданий (0 – 18 баллов);
- разбор (защита) выполненных заданий (0 – 18 баллов);
- контрольные работы (0 – 36 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 2,5 баллов.

Выполнение домашних заданий подразумевает проверку в начале занятия наличия выполненных заданий. Оценивается в 1 балл.

Защита выполненных заданий подразумевает, что обучающийся поясняет ход решения задач, обосновывает применения тех или иных формул и законов. 0 – 6 баллов. Рекомендуется устраивать защиту заданий по трем модулям.

Критерии оценивания задач контрольных работ (**условный** максимум за одну задачу – 1 балл):
0 баллов (0%, «-»):

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

0,3 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.

0,7 балла (70%, «+-»):

- Ход решения верный, но в выводах формул или расчетах есть незначительные ошибки.
- Неверно определены размерности используемых/полученных величин.

1 балл (100%, «+»):

- Задача решена правильно, есть все необходимые комментарии, рисунки и расчеты.

По итогам набранных в семестре баллов обучающийся может/не может получить экзаменационную оценку (см. п. 6).

4. Содержание дисциплины

4.1. Тематический план 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.	Электромагнитная природа света. Основные характеристики электромагнитных волн.	8	4			
2.	Основные фотометрические понятия и величины.	28	2	8	6	
3.	Преломление и отражение волн на плоской границе двух диэлектриков, на границе с металлом.	28	2	8	6	
4.	Геометрическая оптика. Линзы, зеркала, призмы. Центрированные системы.	44	4	10	10	
5.	Интерференция света.	44	4	8	12	
6.	Дифракция света.	36	4	10	6	
7.	Анизотропные среды. Поляризационные приборы и приспособления.	32	4	4	10	
8.	Рассеяние света.	6	2			
9.	Дисперсия света. Излучение и поглощение света.	14	2		6	
10.	Тепловое излучение.	20	2	2	6	
11.	Фотоэффект.	20	2	2	6	
12.	Квантовые усилители и генераторы.	6	2			
	Итого (часов)	288	34	52	68	2*

* – учитывает контактную работу на консультации перед экзаменом.

4.2. Содержание дисциплины по темам

Темы лекционных занятий:

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, на границе с металлом. 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.

Темы семинарских занятий:

Тема 2. Решение задач о нахождении фотометрических величин, освещенности поверхностей, яркости источников.

Тема 3. Решение задач о преломлении и отражении света, нахождении коэффициентов отражения и пропускания.

Тема 4. Решение задач на нахождение фокусных расстояний линз и оптических инструментов, построения в тонких и толстых линзах, определение линейного и углового увеличения оптических.

Тема 5. Решение задач на нахождение масштаба интерференционных картин, условий максимумов-минимумов, определения параметров интерферометров.

Тема 6. Решение задач о дифракции на одной и многих щелях, дифракции на отверстии, разрешающей способности оптических приборов.

Тема 7. Решение задач на применение закона Малюса, нахождения хода лучей при двойном лучепреломлении и угла вращения плоскости поляризации.

Тема 10. Решение задач на применение законов Стефана-Больцмана, Вина, Планка, определение температуры тел по параметрам их излучения.

Тема 11. Решение задач о нахождении работы выхода электрона, величины фототока насыщения.

Темы лабораторных занятий:

Лабораторная работа № 1. Преломление света на сферической поверхности и определение фокусных расстояний тонких линз.

Лабораторная работа № 2. Изучение микроскопа.

Лабораторная работа № 3. Определение показателя преломления стекла интерференционным методом.

Лабораторная работа № 4. Определение длины световой волны с помощью бипризмы Френеля.

Лабораторная работа № 5. Дифракция света.

Лабораторная работа № 6. Изучение с помощью интерферометра Релея зависимости показателя преломления газа от давления.

Лабораторная работа № 7. Определение коэффициента преломления и концентрации веществ в растворе рефрактометрическим методом.

Лабораторная работа № 8. Измерение температуры оптическим пирометром и изучение закона Стефана-Больцмана.

Лабораторная работа № 9. Определение фотометрических характеристик растворов с помощью фотоэлектрического колориметра.

Лабораторная работа № 10. Определение постоянной Планка и работы выхода электрона из металла по внешнему фотоэффекту.

Лабораторная работа № 11. Исследования в плоско-поляризованном свете.

Лабораторная работа № 12. Определение резонансного потенциала атома гелия.

Лабораторная работа № 13. Градуировка спектрометра и изучение серийных закономерностей в спектре атома водорода.

Лабораторная работа № 14. Вращение плоскости поляризации оптически активными веществами и определение концентрации вещества в растворах.

5. Учебно-методическое обеспечение и планирование самостоятельной работы обучающихся

Таблица 3

№ темы	Темы	Формы СРС, включая требования к подготовкам занятиям
1.	Электромагнитная природа света. Основные характеристики электромагнитных волн. Суперпозиция волн. Поляризация. Эффект Доплера.	1. Проработка лекций.
2.	Основные фотометрические понятия и величины.	1. Проработка лекций. 2. Выполнение домашнего задания (проверяется на семинаре). 3. Подготовка лабораторных журналов/отчетов (необходимо для выполнения лабораторной работы).
3.	Преломление и отражение волн на плоской границе двух диэлектриков, на границе с металлом.	1. Проработка лекций. 2. Выполнение домашнего задания (проверяется на семинаре). 3. Подготовка лабораторных журналов/отчетов (необходимо для выполнения лабораторной работы).
4.	Геометрическая оптика. Линзы, зеркала, призмы. Центрированные системы.	1. Проработка лекций. 2. Выполнение домашнего задания (проверяется на семинаре). 3. Подготовка лабораторных журналов/отчетов (необходимо для выполнения лабораторной работы).
5.	Интерференция света.	1. Проработка лекций. 2. Выполнение домашнего задания (проверяется на семинаре). 3. Подготовка лабораторных журналов/отчетов (необходимо для выполнения лабораторной работы).
6.	Дифракция света.	1. Проработка лекций. 2. Выполнение домашнего задания (проверяется на семинаре). 3. Подготовка лабораторных журналов/отчетов.

7.	Анизотропные среды. Поляризационные приборы и приспособления.	1. Проработка лекций. 2. Выполнение домашнего задания (проверяется на семинаре). 3. Подготовка лабораторных журналов/отчетов (необходимо для выполнения лабораторной работы).
8.	Рассеяние света.	1. Проработка лекций.
9.	Дисперсия света. Излучение и поглощение света.	1. Проработка лекций. 2. Подготовка лабораторных журналов/отчетов (необходимо для выполнения лабораторной работы).
10.	Тепловое излучение.	1. Проработка лекций. 2. Выполнение домашнего задания (проверяется на семинаре). 3. Подготовка лабораторных журналов/отчетов (необходимо для выполнения лабораторной работы).
11.	Фотоэффект.	1. Проработка лекций. 2. Выполнение домашнего задания (проверяется на семинаре). 3. Подготовка лабораторных журналов/отчетов (необходимо для выполнения лабораторной работы).
12.	Квантовые усилители и генераторы.	1. Проработка лекций.

6. Промежуточная аттестация по дисциплине

Экзаменационную оценку 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 экзамен в устной форме.

Экзаменационный билет, содержит 2 теоретических вопроса и задачу.

Ответы на экзаменационный билет оцениваются по следующим критериям:

"отлично" - студент дал полный ответ на теоретические вопросы, правильно решил задачу, продемонстрировал взаимосвязь теоретических основ оптических явлений и практики;

"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 оптических явлениях и законах, 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 оптики, слабо разбирается в теоретических и практических вопросах, допускает принципиальные ошибки в ответах и решениях.

Обязательным условием сдачи экзамена на "отлично" является защита всех лабораторных работ и написание контрольных работ по дисциплине на 90% (или более) баллов.

Студент, не сдавший все лабораторные работы и/или пропустивший более 50% семинаров без уважительной причины считается не освоившим дисциплину и не может получить положительной оценки на экзамене.

6.1 Оценочные материалы для проведения промежуточной аттестации по дисциплине

Примерные вопросы к экзамену

1. Электромагнитная природа света. Характеристика оптического диапазона электромагнитных волн. Особенности видимого диапазона.
2. Структура плоской электромагнитной волны и ее представление в комплексной форме. Сферические волны. Сходящиеся и расходящиеся сферические волны.
3. Биения. Стоячие волны. Экспериментальное доказательство электромагнитной природы света.
4. Оптика движущихся сред. Эффект Доплера. Красные смещения в спектрах Галактик.
5. Плотность потока энергии и импульса электромагнитных волн. Распределение плотности потока энергии по сечению пучка. Гауссов пучок.
6. Плотность импульса электромагнитной волны. Давление света, его открытие, проявление, приложения.
7. Основные фотометрические понятия и величины. Соотношения между энергетическими и световыми характеристиками.
8. Поляризация электромагнитных волн. Виды поляризации. Число независимых поляризаций.
9. Преломление и отражение света на плоской границе двух диэлектриков. Формулы Френеля.
10. Интенсивность отраженной и преломленной волн. Коэффициент отражения и пропускания.
11. Закон Брюстера. Степень поляризации отраженной и преломленной волн.
12. Фазовые соотношения в падающей, отраженной и преломленной волнах. Потеря полуволны при отражении.
13. Полное внутреннее отражение. Световоды. Диффузное отражение.
14. Геометрическая оптика как предельный случай волновой оптики. Преломление на сферической поверхности. Тонкие линзы. Зеркала.
15. Центрированная оптическая система и ее кардинальные элементы.
16. Построение изображений в оптических системах. Аберрации оптических систем (астигматизм, кома, сферическая и хроматическая аберрации, дисторсия). Простейшие оптические приборы (микроскопы, телескопы, лупа).
17. Интерференция света. Необходимые и достаточные условия для ее наблюдения. Условия интерференционных максимумов – минимумов.
18. Осуществление когерентных источников в оптике. Основные характеристики интерференционных схем.
19. Интерференция от двух когерентных источников. Оптическая разность хода, расстояние между интерференционными максимумами.
20. Интерференция от источников конечного размера.
21. Кривые равной толщины и равного наклона (интерференция на плоскопараллельной пластинке и клине).
22. Кольца Ньютона в отраженном и проходящем свете.
23. Просветление оптики. Интерференционные фильтры, зеркала.
24. Интерферометр Фабри-Перо. Разрешающая способность. Область свободной дисперсии.
25. Интерферометр Майкельсона, интерферометр Релея. Применение интерферометров.
26. Метод зон Френеля. Зонная пластинка. Графическое вычисление амплитуды.

27. Дифракция на круглом отверстии, экране. Разрешающая способность микроскопа и телескопа.
28. Дифракция на прямоугольном крае экрана. Спираль Корню.
29. Дифракция Фраунгофера на щели. Распределение интенсивности в дифракционной картине.
30. Дифракционная решетка, дифракционный спектр. Интенсивность в спектре дифракционной решетки.
31. Угловая и линейная дисперсии решетки. Критерий Релея. Разрешающая способность решетки.
32. Дифракция на многомерных решетках. Дифракция рентгеновских лучей на кристаллической решетке. Рентгеноструктурный анализ.
33. Сравнение характеристик спектральных аппаратов.
34. Физические основы голографии. Схема записи и восстановления изображения тонкослойных голограмм. Особенности голограмм как носителей информации. Применение голограмм.
35. Двойное лучепреломление. Обыкновенный и необыкновенный лучи. Двуосные и одноосные кристаллы.
36. Анизотропные среды. Тензор диэлектрической проницаемости. Распространение плоской волны в анизотропной среде.
37. Построения Гюйгенса для различных случаев преломления лучей на поверхности одноосного кристалла.
38. Поляризация при двойном лучепреломлении. Поляроиды. Поляризационные и двоякопреломляющие призмы. Плеохроизм.
39. Интерференция поляризованных волн при прохождении через кристаллы. Пластика в четверть, половину и целую волну. Анализ состояния поляризации света.
40. Искусственная анизотропия при механических деформациях, в электрическом и магнитном полях.
41. Вращение плоскости поляризации в оптически активных веществах. Элементарная феноменологическая теория вращения плоскости поляризации. Эффект Фарадея.
42. Рассеяние света. Релеевское рассеяние. Зависимость интенсивности света от угла рассеяния. Поляризация света при рассеянии.
43. Комбинационное рассеяние света.
44. Дисперсия света. Нормальная и аномальная дисперсия. Фазовая и групповая скорости.
45. Поглощение света. Закон Ламберта-Бугера-Бера.
46. Излучение абсолютно черного тела. Закон Кирхгофа. Закон Стефана-Больцмана. Закон Вина.
47. Формула Релея-Джинса. Трудности классической теории. Элементарная квантовая теория излучения. Формула Планка.
48. Фотоэффект. Основные экспериментальные закономерности и их истолкование. Определение постоянной Планка из фотоэффекта. Фотоэлектрические приемники света.
49. Спонтанные и вынужденные переходы. Коэффициенты Эйнштейна. Создание инверсной зависимости.
50. Лазеры. Принципиальная схема работы лазера. Характеристики некоторых типов лазеров: рубинового, гелий-неонового. Свойства лазерного луча.

Примерные задачи для контрольной работы/экзамена

1. Какую силу тока J покажет гальванометр, присоединенный к селеновому фотоэлементу, если на расстоянии $r = 75$ см от него поместить лампочку, полный световой поток которой равен $\Phi_0 = 1200$ лм? Рабочая поверхность фотоэлемента $S = 10$ см², чувствительность $i = 300$ мкА/лм.
2. Линза, расположенная на оптической скамье между лампочкой и экраном, дает на экране резкое увеличенное изображение лампочки. Когда линзу передвинули на 40 см ближе к экрану, на нем появилось резкое уменьшенное изображение лампочки. Определить фокусное расстояние f линзы, если расстояние от лампочки до экрана ровно 80 см.
3. Собирающую линзу сложили вплотную с рассеивающей и полученную систему линз поместили на оптической скамье между лампочкой и экраном. Определить фокусное расстояние f

рассеивающей линзы, если расстояние от предмета до системы линз $a = 60$ см, от системы линз до экрана $b = 40$ см и фокусное расстояние собирающей линзы $f_1 = 8$ см.

4. Преломляющий угол призмы $A = 60^\circ$. Угол наименьшего отклонения луча от первоначального направления $\delta = 30^\circ$. Определить показатель преломления стекла, из которого изготовлена призма?

5. Расстояние между двумя когерентными источниками света ($\lambda = 0,5$ мкм) равно $0,1$ мм. Расстояние между светлыми полосами на экране в средней части интерференционной картины равно 1 см. Определить расстояние от источников до экрана.

6. Пучок параллельных лучей ($\lambda = 0,6$ мкм) падает под углом $i = 30^\circ$ на мыльную пленку (показатель преломления принять равным $1,3$). При какой наименьшей толщине пленки отраженные лучи будут максимально ослаблены? Максимально усилены?

7. Между двумя плоскопараллельными стеклянными пластинами положили очень тоненькую проволочку. Проволочка находится на расстоянии $l = 75$ мм от линии соприкосновения пластинок и ей параллельна. В отраженном свете ($\lambda = 0,5$ мкм) на верхней пластинке видны интерференционные полосы. Определить толщину проволочки, если на протяжении $d = 30$ мм насчитывается $m = 16$ светлых полос.

8. На круглое отверстие диаметром $d = 4$ мм падает нормально параллельный пучок лучей ($\lambda = 0,5$ мкм). Точка наблюдения находится на оси отверстия на расстоянии $l = 1$ м от него. Сколько зон Френеля укладывается в отверстие? Темное или светлое пятно получится в центре дифракционной картины, если в месте наблюдения поместить экран?

9. Период дифракционной решетки $a + b = 0,01$ мм. Какое наименьшее число штрихов должна содержать решетка, чтобы две составляющие желтой линии натрия ($\lambda = 5890 \text{ \AA}$ и $\lambda = 5896 \text{ \AA}$) можно было видеть раздельно в спектре первого порядка? Определить наименьшую длину l решетки.

10. Предельный угол полного внутреннего отражения луча на границе жидкости с воздухом равен 43° . Каков должен быть угол падения луча из воздуха на поверхность жидкости, чтобы отраженный луч был максимально поляризован?

6.2 Критерии оценивания компетенций:

Таблица 4

Карта критериев оценивания компетенций

№ п/п	Код и наименование компетенции	Оценочные материалы	Критерии оценивания
1.	ОПК-3: способность использовать базовые теоретические знания фундаментальных разделов общей и теоретической физики для решения профессиональных задач	1. Контрольная работа № 1, 10 вариантов; 2. Контрольная работа № 2, 7 вариантов; 3. Вопросы к экзамену, 50 вопросов.	Пороговый (удовл.) <i>Знает</i> – фундаментальные разделы общей и теоретической физики (основы геометрической, волновой и квантовой оптики). <i>Умеет</i> – применять физические законы и расчетные формулы при решении конкретных задач.

			<p style="text-align: center;">Базовый (хор.)</p> <p>Знает – фундаментальные разделы общей и теоретической физики (основы геометрической, волновой и квантовой оптики); – методы измерений и исследований, основанные на различных оптических эффектах.</p> <p>Умеет – применять физические законы и расчетные формулы при решении конкретных задач; – получать расчетные формулы для различных оптических установок и систем.</p>
			<p style="text-align: center;">Повышенный (отл.)</p> <p>Знает – фундаментальные разделы общей и теоретической физики (основы геометрической, волновой и квантовой оптики); – методы измерений и исследований, основанные на различных оптических эффектах;</p> <p>Умеет – применять физические законы и расчетные формулы при решении конкретных задач; – получать расчетные формулы для различных оптических установок и систем; – использовать различные разделы физики для решения комбинированных задач.</p>

7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

7.1. Основная литература:

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: 14.05.2020). — Режим доступа: по подписке.

7.2. Дополнительная литература:

1. 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: 14.05.2020). — Режим доступа: по подписке.

2. Маскевич, А.А. Оптика: Учебное пособие / А.А. Маскевич. — Москва : НИЦ Инфра-М; Минск : Нов. знание, 2012. — 656 с.: ил. — (Высшее образование). ISBN 978-5-16-005678-4. — Текст: электронный. — URL: <https://znanium.com/catalog/product/306513> (дата обращения: 14.05.2020). — Режим доступа: по подписке.

7.3. Интернет-ресурсы:

Нет рекомендаций.

7.4. Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы:

Нет рекомендаций.

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

Лицензионное ПО:

В случае дистанционной формы обучения рекомендуется использовать платформу Microsoft Teams.

9. Технические средства и материально-техническое обеспечение дисциплины

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

Для проведения семинарских занятий требуется аудитория, оборудованная меловой или интерактивной доской.

Для проведения лабораторного практикума требуется аудитория, подключенная к водопроводу и канализации, и оборудованная устройствами для полного затемнения окон.

Список оборудования для проведения лабораторного практикума:

Лабораторная установка № 1: оптическая скамья, осветитель, коллиматор, объект-сетка, набор линз, экран.

Лабораторная установка № 2: оптическая скамья, набор линз, осветитель, микроскоп МБИ-1, окулярный микрометр, объект-микрометр, образцы калиброванной проволоки.

Лабораторная установка № 3: оптическая скамья, лазер, экран с рассеивающей линзой, толстая стеклянная пластина.

Лабораторная установка № 4: оптическая скамья, осветитель, узкая щель, бипризма, окулярный микроскоп, светофильтры.

Лабораторная установка № 5: оптическая скамья с осветителем, коллиматор, ограничительная щель, рабочая щель, светофильтры, собирающая линза, окулярный микроскоп.

Лабораторная установка № 6: интерферометр ЛИР-1, гофрированный цилиндр, U-образный водный манометр, барометр, термометр.

Лабораторная установка № 7: рефрактометр ИРФ-22, набор калиброванных растворов глицерина в воде.

Лабораторная установка № 8: оптический пирометр ОППИР-17Э, источник постоянного тока, лампа накаливания, реостат, автотрансформатор, амперметр, вольтметр.

Лабораторная установка № 9: фотоколориметр ФЭК-56М, набор кювет, набор окрашенных растворов.

Лабораторная установка № 10: дифракционный монохроматор МУМ-2, источник света, набор нейтральных светофильтров (ослабителей), цифровой вольтметр.

Лабораторная установка № 11: набор стеклянных пластинок, оптическая шайба с устройством отсчета угла падения луча, осветитель, фотоэлемент совмещенный с поляризатором, люксметр.

Лабораторная установка № 12: лабораторный комплекс ЛКК-2, состоящий из модуля «опыт Франка-Герца» и сигнального осциллографа СР50-Ш4.

Лабораторная установка № 13: монохроматор УМ-2, ртутная лампа, спектральная водородная трубка, блок питания лампы и трубки, источник сетевого напряжения.

Лабораторная установка № 14: поляриметр СМ-3, наливная кювета, набор растворов сахара.

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«ТЮМЕНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

УТВЕРЖДАЮ
Заместитель директора
Физико-технического института
по учебной работе

Креков С.А. Креков
« 23 » 06 2021 г.

ГИДРОГАЗОДИНАМИКА
Рабочая программа дисциплины
для обучающихся по направлению подготовки
16.03.01 Техническая физика
Профиль: Техническая физика в нефтегазовых технологиях
форма обучения: очная

Шабаров А.Б. Гидрогазодинамика. Рабочая программа дисциплины для обучающихся по направлению подготовки 16.03.01 Техническая физика, профиль Техническая физика в нефтегазовых технологиях, форма обучения очная. Тюмень, 2021.

Рабочая программа дисциплины опубликована на сайте ТюмГУ:
<https://www.utmn.ru/sveden/education/#>.

© Тюменский государственный университет, 2021.

© Шабаров А.Б., 2021.

1. Пояснительная записка

«Гидрогазодинамика» является прикладной инженерной дисциплиной, ориентированной на доведение результатов исследований до конкретных методик гидродинамического расчёта. Эти методики основаны на базовых законах сохранения массы, количества движения, энергии и на значительном количестве обобщённых опытных данных. При проектировании многих технических устройств и систем огромную роль играют интуиция, «инженерное чутьё», предшествующий опыт, которые при использовании методов физико-математического моделирования и оптимизации позволяют не только определять параметры потока, но и создавать новые машины, оборудование, технологии. Отдельный класс задач составляют обратные задачи проектировочного расчёта, которые направлены на автоматизированное конструирование технических объектов (нагнетателей, летательных аппаратов, проточных частей энергоустановок и т.д.).

Цель дисциплины «Гидрогазодинамика» заключается в изучении метода расчёта течений жидкостей, газов, многофазных сред и взаимодействие их с твёрдыми телами.

Задачи изучения дисциплины:

1. Изучить основные законы сохранения массы, импульса, энергии при движении жидкостей, газов и многофазных сред;
2. Овладеть методами моделирования и расчёта квазиодномерных течений жидкостей, газов и газожидкостных смесей;
3. Изучить основы моделирования многомерных течений жидкостей, газов и многофазных сред.

1.1. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Данная дисциплина входит в блок Б1 Дисциплины (модули) и относится к части, формируемой участниками образовательных отношений.

Для освоения данной дисциплины необходимы знания, полученные в ходе изучения дисциплин «Механика», «Молекулярная физика», «Высшая математика» и «Математический анализ», а также такой дисциплины как «Основы геологии и геофизики».

Знания, полученные в ходе изучения дисциплины «Гидрогазодинамика», необходимы для изучения последующих дисциплин по выбору нефтегазовой направленности: «Подземная гидрогазодинамика», «Промысловая химия», «Гидродинамические исследования скважин».

1.2. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения данной дисциплины

Таблица 1

Код и наименование компетенции (из ФГОС ВО)	Код и наименование части компетенции	Планируемые результаты обучения (знаниевые/функциональные)
ПК-2: Способность применять методы аналитических исследований в соответствующей области знаний	–	Знает – методы измерений и исследований, основанные на различных физических эффектах; – основы метрологии, стандартизации и сертификации; – проблематику области физики, выбранной для исследований.
	–	Умеет – выделять/ставить задачи, решаемые в рамках доступных приближений и ресурсов; – пользоваться прикладными методами расчёта физико-математических моделей.

2. Структура и объем дисциплины

Таблица 2

Вид учебной работы		Всего часов (академические часы)	Часов в семестре (академические часы)
			6 семестр
Общий объем	зач. ед.	5	5
	час	180	180
Из них:			
Часы контактной работы (всего):		82	82
Лекции		34	34
Практические занятия		46	46
Лабораторные / практические занятия по подгруппам		0	0
Консультации и иная контактная работа		2	2
Часы внеаудиторной работы, включая самостоятельную работу обучающегося		98	98
Вид промежуточной аттестации			Экзамен

3. Система оценивания

3.1. Оценивание проводится в виде собеседования с преподавателем с ответами на контрольные вопросы (возможно применение электронно-информационной образовательной среды) после завершения прохождения каждой темы дисциплины.

Форма промежуточной аттестации – **экзамен**.

Сдаче экзамена подлежат студенты, по итогам семестра набравшие количество баллов, соответствующее оценке «неудовлетворительно», а также студенты, желающие повысить свою оценку.

Шкала перевода баллов в оценки:

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

Экзамен проходит в устно-письменной форме.

Критерием освоения дисциплины и основным допуском к экзамену является выполнение и защита группового проекта. Для защиты группового проекта необходимо сдать отчёт о выполненной работе и ответить на вопросы по содержанию проекта.

4. Содержание дисциплины

4.1. Тематический план дисциплины

Таблица 3

№ п/п	Наименование тем и/или разделов	Объем дисциплины, час.				
		Всего	Виды аудиторной работы (академические часы)			Консультации и иная контактная работа
			Лекции	Практические занятия	Лабораторные/практические занятия по подгруппам	
1	2	3	4	5	6	7
1.	Методы, основные гипотезы и характерные задачи гидрогазодинамики	6	2	0	0	0
2.	Кинематика сплошной среды	16	4	2	0	0
3.	Динамика. Уравнения движения и энергии сплошной среды	16	4	2	0	0
4.	Системы уравнений гидрогазодинамики. Реологические модели	16	4	4	0	0
5.	Квазиодномерные течения	30	4	10	0	0
6.	Гидравлика	30	2	12	0	0
7.	Течение газа в трубопроводах	16	4	4	0	0
8.	Потенциальные течения несжимаемой жидкости	10	2	2	0	0
9.	Введение в подземную гидродинамику	30	4	10	0	0
10.	Сверхзвуковые течения	8	4	0	0	0
	Зачет	2	0	0	0	2
	Итого (часов)	180	34	46	0	2

4.2. Содержание дисциплины по темам

1. «Методы, основные гипотезы и характерные задачи гидрогазодинамики»

- Предмет курса;
- Прямая и обратная задачи гидрогазодинамики;
- Проблемы гидрогазодинамики;
- Гипотеза сплошной среды. Поле физической величины. Операции поля;
- Модельное представление о многофазной среде. Многоскоростной континуум;
- Модели сред с различными теплофизическими свойствами.

2. «Кинематика сплошной среды»

- Методы описания движения сплошной среды Лагранжа и Эйлера;

- Линии тока и траектории;
 - Теорема Гельмгольца о движении малой жидкой частицы;
 - Уравнение неразрывности.
 - Функция тока. Гидродинамический смысл функции тока;
 - Потенциал скорости. Свойства потенциальных течений;
 - Вихревые движения. Свойства вихревых течений.
- Разбор вывода уравнений и решение задач на темы:
- Уравнение неразрывности;
 - Потенциал скорости. Свойства потенциальных течений;
 - Вихревые движения. Свойства вихревых течений.
3. **«Динамика. Уравнения движения и энергии сплошной среды»**
- Объёмные и поверхностные силы. Тензор напряжений;
 - Уравнения движения сплошной среды.
 - Уравнения баланса кинетической энергии;
 - Уравнения баланса полной энергии;
 - Уравнения баланса внутренней энергии.
- Разбор вывода уравнений и решение задач на темы:
- Уравнения движения сплошной среды;
 - Уравнения баланса кинетической энергии;
 - Уравнения баланса полной энергии;
 - Уравнения баланса внутренней энергии.
4. **«Системы уравнений гидрогазодинамики. Реологические модели»**
- Реологические модели жидкостей и газов;
 - Уравнение Навье-Стокса;
 - Уравнения Эйлера, Бернулли, Громеки-Лэмба и Лагранжа для невязкой среды.
 - Система уравнений вязкой среды;
 - Основные типы граничных условий в гидрогазодинамике;
 - Примеры аналитических решений для вязкой несжимаемой среды.
- Разбор вывода уравнений и решение задач на темы:
- Уравнение Навье-Стокса;
 - Уравнения Эйлера, Бернулли, Громеки-Лэмба и Лагранжа для невязкой среды.
- Разбор вывода уравнений и решение задач на темы:
- Система уравнений вязкой среды;
 - Примеры аналитических решений для вязкой несжимаемой среды.
5. **«Квазиодномерные течения»**
- Осреднение параметров потока;
 - Внешние воздействия при течениях в трубопроводах;
 - Основные балансовые уравнения квазиодномерного течения при наличии внешних воздействий.
- Основные балансовые уравнения квазиодномерного течения при наличии внешних воздействий;
- Диаграммы изменения расхода, напора и полной энтальпии по длине трубопровода.
- Разбор вывода уравнений и решение задач на тему: «Основные балансовые уравнения квазиодномерного течения при наличии внешних воздействий».
- Решение задач на тему: «Основные балансовые уравнения квазиодномерного течения при наличии внешних воздействий».
- Решение задач на тему: «Основные балансовые уравнения квазиодномерного течения при наличии внешних воздействий».
6. **«Гидравлика»**
- Квазиодномерное течение несжимаемой жидкости;
 - Геометрическая интерпретация уравнения Бернулли;
 - Потери напора в трубопроводах;

- Простые и сложные трубопроводы;
 - Гидравлический удар;
 - Гидравлическая система «насос - трубопровод».
Разбор вывода уравнений и решение задач на темы:
 - Потери напора в трубопроводах;
 - Простые трубопроводы.
Разбор вывода уравнений и решение задач на темы:
 - Простые трубопроводы;
 - Сложные трубопроводы.
Разбор вывода уравнений и решение задач на темы:
 - Гидравлический удар;
 - Гидравлическая система «насос - трубопровод».
7. **«Течение газа в трубопроводах»**
- Расчётная модель течения газа в трубопроводе;
 - Схемы воздействия на поток.
 - Уравнение обращённого воздействия;
 - Принцип обращённого воздействия;
 - Адиабатические течения газа. Газодинамические функции.
Разбор вывода уравнений и решение задач на тему: «Расчётная модель течения газа в трубопроводе».
 - Разбор вывода уравнений и решение задач на темы:
 - Уравнение обращённого воздействия;
 - Принцип обращённого воздействия.
8. **«Потенциальные течения несжимаемой жидкости»**
- Система уравнений невязкой несжимаемой жидкости;
 - Комплексная сопряжённая скорость. Комплексный потенциал потока;
 - Комплексные потенциалы элементарных и сложных потоков;
 - Обтекание цилиндра плоскопараллельным потоком;
 - Обтекание тонкого профиля плоскопараллельным потоком.
Разбор вывода уравнений и решение задач на темы:
 - Система уравнений невязкой несжимаемой жидкости;
 - Обтекание цилиндра плоскопараллельным потоком;
 - Обтекание тонкого профиля плоскопараллельным потоком;
 - Формулы Чаплыгина;
 - Формулы Жуковского.
9. **«Введение в подземную гидродинамику»**
- Система уравнений для течения в пористой среде;
 - Граничные и начальные условия в задачах подземной гидродинамики;
 - Нелинейные законы фильтрации. Обобщённый закон Дарси.
 - Одномерные стационарные фильтрационные потоки;
 - Фильтрационные потоки в группе скважин с удалённым контуром питания;
 - Нестационарная фильтрация в упругой пористой среде.
Разбор вывода уравнений и решение задач на темы:
 - Система уравнений для течения в пористой среде;
 - Граничные и начальные условия в задачах подземной гидродинамики;
 - Нелинейные законы фильтрации. Обобщённый закон Дарси.
Разбор вывода уравнений и решение задач на темы:
 - Одномерные стационарные фильтрационные потоки;
 - Фильтрационные потоки в группе скважин с удалённым контуром питания.
Разбор вывода уравнений и решение задач на тему: «Нестационарная фильтрация в упругой пористой среде».

10. «Сверхзвуковые течения»

- Система уравнений сверхзвукового течения газа;
- Характеристики в сверхзвуковом потоке;
- Уравнения характеристик в плоскости годографа скорости;
- Свойства характеристик в сверхзвуковых потоках.
- Четыре основные задачи, решаемые методом характеристик;
- Уравнения динамической совместимости при переходе через скачок уплотнения.

Ударная адиабата;

- Ударная поляра. Обтекание клина сверхзвуковым потоком.

5. Учебно-методическое обеспечение и планирование самостоятельной работы обучающихся

Таблица 4

№ Темы	Темы	Формы СРС, включая требования к подготовке к занятиям
1	Методы, основные гипотезы и характерные задачи гидрогазодинамики	Работа с электронным учебным пособием и лекционным материалом
2	Кинематика сплошной среды	Работа с электронным учебным пособием и лекционным материалом
3	Динамика. Уравнения движения и энергии сплошной среды	Работа с электронным учебным пособием и лекционным материалом
4	Системы уравнений гидрогазодинамики. Реологические модели	Чтение основной и дополнительной литературы
5	Квазиодномерные течения	Работа с электронным учебным пособием и лекционным материалом
6	Гидравлика	Работа с электронным учебным пособием и лекционным материалом
7	Течение газа в трубопроводах	Работа с электронным учебным пособием и лекционным материалом
8	Потенциальные течения несжимаемой жидкости	Работа с электронным учебным пособием и лекционным материалом
9	Введение в подземную гидродинамику	Работа с электронным учебным пособием и лекционным материалом
10	Сверхзвуковые течения	Работа с электронным учебным пособием и лекционным материалом

6. Промежуточная аттестация по дисциплине

6.1. Оценочные материалы для проведения промежуточной аттестации по дисциплине

Форма промежуточной аттестации – экзамен.

Сдаче экзамена подлежат студенты, по итогам семестра набравшие количество баллов, соответствующее оценке «неудовлетворительно», а также студенты, желающие повысить свою оценку.

Шкала перевода баллов в оценки:

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

Преподаватель может использовать систему штрафов, уменьшая набранные баллы за пропуски занятий без уважительных причин, за нарушение сроков выполнения учебных

заданий, за систематический отказ отвечать на занятиях и т. д. Возможно также начисление премиальных баллов за работы, выполненные студентом на высоком уровне.

Критерием освоения дисциплины является выполнение и защита группового проекта. Для защиты группового проекта необходимо сдать отчет о выполненной работе и ответить на вопросы по содержанию проекта.

Экзамен проводится в устно-письменной форме. Экзамен включает письменную часть – ответ по экзаменационному билету. Устная часть экзамена оценивает полученные знания по дисциплине путем собеседования с преподавателем.

Контрольные вопросы при подготовке к экзамену:

1. Прямая и обратная задачи гидрогазодинамики.
2. Параметры многофазных сред.
3. Теорема Гельмгольца о движении малой жидкой частицы.
4. Потенциал скорости, функция тока.
5. Уравнение неразрывности многофазной среды.
6. Уравнение баланса количества движения для многофазной среды.
7. Уравнение баланса полной энергии для многофазной среды.
8. Реологические модели жидкостей.
9. Уравнения Навье-Стокса.
10. Ламинарное течение в трубе.
11. Ламинарное течение между параллельными пластинами.
12. Осреднение при течении жидкости и газа в трубах и каналах.
13. Уравнение баланса массы при квазиоднородном течении.
14. Уравнение баланса количества движения при квазиоднородном течении.
15. Уравнение баланса полной энергии при квазиоднородном течении.
16. Геометрическая интерпретация уравнения Бернулли.
17. Гидравлический расчёт трубопроводов.
18. Адиабатическое течение газа в каналах.
19. Принципы уравнения обращённого воздействия.
20. Геометрическое воздействие на поток в трубе.
21. Тепловое воздействие на поток в трубе.
22. Комплексный потенциал элементарных потоков. Комплексная сопряжённая скорость.
23. Комплексные потенциалы элементарных потоков.
24. Обтекание цилиндра плоскопараллельным потоком.
25. Обтекание цилиндра плоскопараллельным потоком с циркуляцией.
26. Закон Дарси. Функция Лейбензона.
27. Система уравнений двухфазной фильтрации.
28. Относительные фазовые проницаемости.
29. Уравнение потенциала скорости при сверхзвуковом течении.
30. Уравнение и свойства характеристик в плоскости потока.
31. Уравнение характеристик в плоскости годографа скорости.
32. Задачи расчёта сверхзвукового потока вблизи двух не характеристик.
33. Задача расчёта сверхзвукового потока вблизи двух характеристик.
34. Задача расчёта сверхзвукового потока вблизи твёрдой стенки.
35. Задача расчёта сверхзвукового потока при струйном течении.

6.2. Критерии оценивания компетенций:

Таблица 5

Карта критериев оценивания компетенций

№ п/п	Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенций, соотнесенные с планируемыми результатами обучения	Оценочные материалы	Критерии оценивания
1.	ПК-2: Способность применять методы аналитических исследований в соответствующей области знаний	<p>Пороговый уровень освоения ОП (удовл.): <i>Знает:</i> основные законы гидрогазодинамики и механики многофазных систем. <i>Умеет:</i> применять основные законы гидрогазодинамики и механики многофазных систем для решения задач профессиональной деятельности.</p> <p>Базовый уровень (хор.): <i>Знает:</i> методы расчета параметров подсистем нефтяного и газового месторождения. <i>Умеет:</i> применять методы расчета параметров подсистем нефтяного и газового месторождения для решения задач профессиональной деятельности.</p> <p>Повышенный уровень (отл.): <i>Знает:</i> методы интегрированного моделирования нефтяного, газового и газоконденсатного месторождений. <i>Умеет:</i> применять методы интегрированного моделирования месторождений для решения задач профессиональной деятельности.</p>	Конспекты и собеседование по разделам курса; выполнение и защита домашнего задания по групповому проекту	Своевременное предоставление конспекта и выполненного домашнего задания на проверку преподавателю; правильность выполнения домашнего задания; ответы на вопросы преподавателя по разделам. Экзамен: правильность ответов на вопросы, ссылки на дополнительные источники при ответе.

7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

7.1. Основная литература:

1. Шабаров, Александр Борисович. Гидрогазодинамика: учебное пособие для студентов вузов, обучающихся по специальности "Теплофизика" направления подготовки "Техническая физика" / А.Б. Шабаров; рец.: А.А. Кислицын, В.Г. Свиридов; Тюм. гос. ун-т, Ин-т математики, естеств. наук и информ. технологий. — 2-е изд., перераб. — Тюмень: Изд-во Тюм. гос. ун-та, 2013. — 2-Лицензионный договор №228/2016-03-02. — Доступ по паролю из сети Интернет (чтение). — https://library.utmn.ru/dl/PPS/Shabarov_228_Gidrogazodinamika_UP_2013.pdf (дата обращения 21.04.2021).

2. Карпов, К.А. Прикладная гидрогазодинамика: учебное пособие / К.А. Карпов, Р.О. Олехнович. — Санкт-Петербург: Лань, 2018. — 100 с. — ISBN 978-5-8114-3180-9. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/107938> (дата обращения: 21.04.2021). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

7.2. Дополнительная литература:

1. Кудинов, А.А. Гидрогазодинамика: учеб. пособие / А.А. Кудинов. — Москва: ИНФРА-М, 2018. — 336 с. — (Высшее образование: Бакалавриат). — ISBN 978-5-16-010326-6. — Текст: электронный. — URL: <https://znanium.com/catalog/product/918073> (дата обращения: 21.04.2021). — Режим доступа: по подписке.

2. Замалеев, З.Х. Основы гидравлики и теплотехники: учебное пособие / З.Х. Замалеев, В.Н. Посохин, В.М. Чефанов. — 2-е изд., стер. — Санкт-Петербург: Лань, 2018. — 352 с. — ISBN 978-5-8114-1531-1. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/100922> (дата обращения: 21.04.2021). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

3. Крестин, Е.А. Задачник по гидравлике с примерами расчетов: учебное пособие / Е.А. Крестин, И.Е. Крестин. — 4-е изд., стер. — Санкт-Петербург: Лань, 2018. — 320 с. — ISBN 978-5-8114-1655-4. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/98240> (дата обращения: 21.04.2021). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

4. Марон, В.И. Гидравлика двухфазных потоков в трубопроводах: учебное пособие / В.И. Марон. — Санкт-Петербург: Лань, 2012. — 256 с. — ISBN 978-5-8114-1235-8. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/3189> (дата обращения: 21.04.2021). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

5. Гиргидов, А.Д. Механика жидкости и газа (гидравлика): учебник / А.Д. Гиргидов. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва: ИНФРА-М, 2020. — 704 с. — (Высшее образование: Бакалавриат). — DOI. 10.12737/1449. — ISBN 978-5-16-013367-6. — Текст: электронный. — URL: <https://znanium.com/catalog/product/1082949> (дата обращения: 21.04.2021). — Режим доступа: по подписке.

7.3. Интернет-ресурсы:

1. eLIBRARY – научная библиотека (г. Москва). – <http://elibrary.ru>
2. Отраслевая электронная библиотека OnePetro – <https://www.onepetro.org/>

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

- Лицензионное ПО, в том числе отечественного производства:

Borland Delphi.

В случае необходимости проведения занятий в дистанционном режиме следует использовать платформу электронного обучения Microsoft Teams.

9. Технические средства и материально-техническое обеспечение дисциплины

Для проведения лекционных занятий требуется мультимедийное оборудование и магнитно-меловая или магнитно-маркерная доска.

Аудитория для практических занятий должна быть оснащена магнитной меловой или магнитной маркерной доской.