

Документ подписан простой электронной подписью

Информация о владельце:

ФИО: Романчук Иван Сергеевич

Должность: Ректор

Дата подписания: 24.02.2025 17:12:23

Уникальный программный ключ:

6319edc2b582ffdacea443f01d5779368d0957ac34f5cd074d81181530452479

ФГАОУ ВО «Тюменский государственный университет»

**УТВЕРЖДЕНО**

**Заместителем директора**

**Физико-технического института**

**Крековым С.А.**

**РАЗРАБОТЧИК**

**Гармонов А. А.**

**РАДИОФИЗИКА И ОСНОВЫ МИКРОЭЛЕКТРОНИКИ**

**Рабочая программа**

**для обучающихся по направлениям подготовки**

**03.03.02 Физика, для всех профилей направления подготовки;**

**16.03.01 Техническая физика, для всех профилей направления подготовки;**

**форма обучения очная**

## 1. Планируемые результаты освоения дисциплины

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

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

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

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

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

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

## 2. Структура и трудоемкость дисциплины

Таблица 1

Вид учебной работы		Всего (ак.ч.)	Кол-во часов в семестре (ак.ч.)
			5 / 7* семестр
<b>Общая трудоемкость</b>	зач. ед.	<b>4</b>	<b>4</b>
	ак.ч.	<b>144</b>	<b>144</b>
Из них:			
<b>Часы аудиторной работы (всего):</b>		<b>64</b>	<b>64</b>
Лекции		32	32
Практические занятия		0	0
Лабораторные / практические занятия по подгруппам		32	32
<b>Часы внеаудиторной работы, включая консультации, иную контактную работу и самостоятельную работу обучающегося</b>		<b>80</b>	<b>80</b>
Вид промежуточной аттестации (зачет, диф. зачет, экзамен)			Дифференцированный зачет

\* – в соответствии с учебным планом.

## 3. Содержание дисциплины

Таблица 2

№	Тематика учебных встреч	Виды аудиторной работы (в ак.час.)			Итого аудиторных ак. часов по теме
		Лекции	Практические занятия	Лабораторные / практические занятия по подгруппам	
1	2	3	4	5	6
1	Радиофизика и микроэлектроника: предмет и основные понятия	2	0	0	2
2	Элементы теории сигналов	4	0	4	8
3	Физические принципы работы и основы технологии изготовления электронных приборов	2	0	4	6
4	Базовые компоненты электронных устройств	4	0	4	8
5	Линейные пассивные цепи	4	0	4	8
6	Усилители электрических сигналов	4	0	4	8
7	Генерирование колебаний	2	0	4	6
8	Нелинейные преобразования сигналов	4	0	4	8
9	Основы цифровой радиоэлектроники	4	0	4	8
10	Основы функциональной электроники	2	0	0	2
	Итого (ак.часов)	32	0	32	64

## 4. Система оценивания

При текущем контроле учитывается несколько видов деятельности обучающихся:

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

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

Студенту рекомендуется следующая схема подготовки к лабораторному занятию:

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

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

– подготовка отчета по лабораторной работе.

По итогам набранных в семестре баллов обучающийся может получить зачет. Обучающиеся, не набравшие 61 балла в течение семестра или не согласные с оценкой, полученной по итогам текущего контроля в семестре, проходят промежуточную аттестацию в форме дифференцированного зачета.

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

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

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

### **5.1. Литература:**

1. Першин, В. Т. Основы радиоэлектроники и схемотехники: учебное пособие / В. Т. Першин. — Ростов-на-Дону: Феникс, 2006. — 544 с.

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

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

4. Кучумов, А. И. Электроника и схемотехника: учеб. пособие для студ., обуч. по спец. "Компьютер. безопасность" и "Комплексное обеспечение информац. безопасности автоматизир. систем"/ А. И. Кучумов. — 2-е изд., перераб. и доп.. — Москва: Гелиос АРВ, 2004. — 336 с.

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

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

Не требуются для реализации дисциплины.

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

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

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

MS Office, платформа для электронного обучения Microsoft Teams.

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

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

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

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

ФГАОУ ВО «Тюменский государственный университет»

УТВЕРЖДЕНО

Заместителем директора

Физико-технического института

Крековым С.А.

РАЗРАБОТЧИК

Шастунова У.Ю.

ТЕПЛОФИЗИКА

Рабочая программа

для обучающихся по направлению подготовки

16.03.01 Техническая физика

для всех профилей направления подготовки

форма обучения очная

## 1. Планируемые результаты освоения дисциплины

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

- Профиль «Техническая физика»: ОПК-1.
- Профиль «Техническая физика в нефтегазовых технологиях»: ПК-1.

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

**Знания:** основных методов дифференциального и интегрального исчислений, применяемых при решении задач тепломассопереноса; физических основ тепломассопереноса; элементов математической теории нестационарного тепломассопереноса и теории фильтрации; решений важнейших стационарных задач тепломассообмена; методов измерения теплофизических параметров вещества; основных положений конвективного, лучистого переноса; тепломассообмена при конденсации и кипении.

**Умения:** применять методы дифференциального и интегрального исчислений при решении задач стационарного и нестационарного тепломассопереноса; получать расчётные формулы для различных процессов движения жидкости и газов в пористой среде; применять методы решения задач с фазовыми переходами.

**Навыки:** измерения теплофизических параметров вещества; анализа тепломассопереноса в технологических процессах; расчёта температурных полей и тепловых потоков; использования методов уменьшения потерь тепла при эксплуатации промышленных объектов.

## 2. Структура и трудоемкость дисциплины

Таблица 1

Вид учебной работы		Всего (ак.ч.)	Кол-во часов в семестре (ак.ч.)
			5 / 7* семестр
<b>Общая трудоемкость</b>	зач. ед.	<b>4</b>	<b>4</b>
	ак.ч.	<b>144</b>	<b>144</b>
Из них:			
<b>Часы аудиторной работы (всего):</b>		<b>64</b>	<b>64</b>
Лекции		32	32
Практические занятия		32	32
Лабораторные / практические занятия по подгруппам		0	0
<b>Часы внеаудиторной работы, включая консультации, иную контактную работу и самостоятельную работу обучающегося</b>		<b>80</b>	<b>80</b>
Вид промежуточной аттестации (зачет, диф. зачет, экзамен)			Дифференцированный зачет

\* – в соответствии с учебным планом

## 3. Содержание дисциплины

Таблица 2

№	Тематика учебных встреч	Виды аудиторной работы (в ак.час.)			Итого аудиторных ак.часов по теме
		Лекции	Практические занятия	Лабораторные / практические занятия по подгруппам	
1	2	3	4	5	6
1	Термодинамика. Термодинамические процессы	2	4	0	2
2	Водяной пар	2	2	0	4
3	Термодинамические процессы с водяным паром, применение энтропийных диаграмм	2	0	0	2
4	Истечение жидкостей, паров и газов. Режимы истечения	2	2	0	4
5	Тепломассообмен. Основные понятия и законы переноса теплоты	2	2	0	4
6	Фундаментальное решение уравнения теплопроводности и его физический смысл	2	4	0	4
7	Основные положения теории конвективного переноса. Особенности процессов переноса в турбулентном потоке	2	0	0	2
8	Использование теории подобия для расчета процессов переноса теплоты и вещества	2	0	0	2
9	Свободная конвекция	0	4	0	4
10	Уравнение пограничного слоя	2	0	0	2
11	Теплообмен при течении жидкости через пористую стенку	2	0	0	2
12	Вынужденная конвекция	0	4	0	4
13	Лучистый теплообмен	2	2	0	2
14	Параметры и структура потока при кипении жидкостей в трубах	2	0	0	2
15	Теплопередача при пузырьковом режиме кипения	2	0	0	2
16	Кипение	0	2	0	2
17	Теплообмен при конденсации чистого пара	2	0	0	2
18	Конденсация	0	2	0	2
19	Теплообмен при пленочной конденсации неподвижного пара	2	0	0	2
20	Испарение	0	2	0	2
21	Диффузия с поверхности	2	0	0	2
22	Коллоквиум	0	2	0	2
	Итого (ак.часов)	32	32	0	64

#### 4. Система оценивания

На учебных занятиях оценивается работа студентов на лекциях и работа в аудитории на практических занятиях. 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 подготовки 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.

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

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

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

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

##### 5.1. Литература:

Кудинов, А. А. Строительная теплофизика: учебное пособие / А. А. Кудинов. — Москва: ИНФРА-М, 2019. — 262 с. — ISBN 978-5-16-005158-1. — Текст: электронный. — URL: <https://znanium.com/catalog/product/1002061> (дата обращения: 14.03.2022). — Режим доступа: по подписке.

Теплофизика. Тепломассоперенос и теплотехника. Расчетно-экспериментальное исследование тепломассопереноса при нестационарных условиях: методические указания / У. Ю. Шастунова, М. В. Берляков, А. С. Димитриев [и др.]. — Тюмень: ТюмГУ, 2016. — 48 с. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/109984> (дата обращения: 14.03.2022). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

##### 5.2. Электронные образовательные ресурсы:

Не требуются для реализации дисциплины.

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

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

ЭБС Лань. — <https://e.lanbook.com/>

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

MS Office, платформа для электронного обучения Microsoft Teams.

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

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

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

ФГАОУ ВО «Тюменский государственный университет»

УТВЕРЖДЕНО

Заместителем директора

Физико-технического института

Крековым С.А.

РАЗРАБОТЧИК

Шастунова У.Ю.

ТЕПЛООБМЕН СЛОЖНЫХ СИСТЕМ

Рабочая программа

для обучающихся по направлению подготовки

16.03.01 Техническая физика

профиль подготовки

Техническая физика в нефтегазовых технологиях

форма обучения очная

## 1. Планируемые результаты освоения дисциплины

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

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

**Знания:** основных понятий, определений и профессиональной терминологии; методики расчёта основных технических устройств и установок; способов и методов подготовки, транспортировки и хранения нефти и газа; теплотехнических свойств строительных материалов, теплопередачи через ограждения при стационарном и нестационарном режиме, конденсации и сорбции водяного пара, перемещении в ограждении воздуха, пара и жидкой влаги.

**Умения:** правильно применять знания при проектировании и эксплуатации различных объектов нефтегазотранспортных систем, объектов хранения и распределения углеводородов, жилых домов.

**Навыки:** приемы и навыки в умении комплексно оценивать технико-экономические показатели работы схем и систем сбора, подготовки и транспортировки нефти и газа.

## 2. Структура и трудоемкость дисциплины

Таблица 1

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

### 3. Содержание дисциплины

Таблица 2

№	Тематика учебных встреч	Виды аудиторной работы (в ак.час.)			Итого аудиторных ак. часов по теме
		Лекции	Практические занятия	Лабораторные / практические занятия по подгруппам	
1	2	3	4	5	6
1	Нестационарная теплопроводность	2	2	0	4
2	Численные методы нестационарной теплопроводности	4	0	0	4
3	Физико-математическое моделирование уравнения теплопроводности	0	4	0	4
4	Теплообмен жилого дома	12	0	0	12
5	Теплопередача и тепловой баланс в помещении	0	4	0	4
6	Нестационарные тепловые режимы	0	4	0	4
7	Расчёт теплового режима жилого здания	0	4	0	4
8	Теплообмен в системах подготовки, транспорта и хранения нефти и газа	14	0	0	14
9	Сбор и подготовка нефти и газа	0	2	0	2
10	Магистральные нефтепроводы	0	4	0	4
11	Магистральные газопроводы	0	4	0	4
12	Режимы работы магистральных газопроводов	0	2	0	2
13	Расчет теплового режима резервуара	0	2	0	2
	Итого (ак. часов)	32	32	0	64

### 4. Система оценивания

На учебных занятиях оценивается работа студентов в аудитории на практических занятиях (0 – 5 баллов за занятие), проектные задания (0 – 20 баллов).

В рамках дисциплины необходимо выполнить проект. Проект оценивается в 20 баллов.

Форма промежуточной аттестации по дисциплине – дифференцированный зачет. Обязательным условием сдачи дифференцированного зачета является сдача всех проектов, запланированных в учебной дисциплине.

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

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

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

### **5.1 Литература:**

1. 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: 24.03.2022). — Режим доступа: по подписке.

2. 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: 24.03.2022). — Режим доступа: по подписке.

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

Не требуются для реализации дисциплины.

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

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

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

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

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

MS Office, платформа для электронного обучения Microsoft Teams.

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

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

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

ФГАОУ ВО «Тюменский государственный университет»

УТВЕРЖДЕНО  
Заместителем директора  
Физико-технического института  
Крековым С.А.  
РАЗРАБОТЧИК  
Монтанари С. Г.

ЭЛЕКТРОТЕХНИКА И ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ДВИГАТЕЛИ  
для обучающихся по направлению подготовки  
16.03.01 Техническая физика  
для всех профилей направления подготовки  
форма обучения очная

## 1. Планируемые результаты освоения дисциплины

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

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

### Электротехника

В результате освоения дисциплины обучающийся должен:

#### *Знать:*

- о качественных и количественных сторонах физических процессов, происходящих в различных электротехнических устройствах;
- методы анализа (основные подходы к решению практических задач, связанных с анализом электрических цепей);
- основные принципы работы и особенности применения электротехнических узлов и устройств, используемых в мехатронике и робототехнике;

#### *Уметь:*

- проводить базовые теоретические и экспериментальные исследования электротехнического оборудования и систем;
- оценивать степень достоверности результатов, полученных с помощью экспериментальных и теоретических методов исследований;

- использовать основные приемы (решать задачи) анализа электрических цепей.

#### *Владеть:*

- приемами и навыками решения конкретных задач из разных областей электротехники, помогающих студентам в дальнейшем решать инженерные задачи.

## 2. Структура и трудоемкость дисциплины

Таблица 1

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

### 3. Содержание дисциплины

Таблица 2

№	Тематика учебных встреч	Виды аудиторной работы (в ак.час.)			Итого аудиторных ак.часов по теме
		Лекции	Практические занятия	Лабораторные / практические занятия по подгруппам	
1	2	3	4	5	6
1	Электрические измерения. Аналоговые и цифровые электроизмерительные приборы, их характеристики и особенности применения. Погрешности измерений.	4	0	0	4
2	Электрическая цепь постоянного тока	0	0	4	4
3	Цепи постоянного тока. Электрический ток и напряжение. Электрическое сопротивление.	4	0	0	4
4	Экспериментальное определение параметров элементов цепей переменного тока.	0	0	4	4
5	Работа и мощность постоянного тока. Баланс мощностей. Расчет нелинейных цепей.	4	0	0	4
6	Электрическая цепь переменного тока с последовательным соединением элементов	0	0	4	4
7	Основные параметры переменного тока. Генерирование переменного тока. Мгновенные, действующие и средние значения тока, напряжения и ЭДС. Метод векторных диаграмм. Представление переменного тока комплексными величинами.	4	0	0	4
8	Электрическая цепь переменного тока с параллельным соединением элементов. Повышение коэффициента мощности.	0	0	4	4
9	Активное сопротивление, индуктивность и емкость в цепи переменного тока. Резонанс токов и напряжений. Баланс мощностей. Мгновенная мощность в цепи переменного тока. Активная,	4	0	0	4

	реактивная, полная и комплексная мощность. Передача активной максимальной мощности в нагрузку.				
10	Частотные свойства электрических цепей	0	0	4	4
11	Цепи трехфазного тока. Основные понятия и определения. Соединение типа «звезда». Трехпроводные и четырехпроводные цепи. Назначение нейтрали. Короткое замыкание фазы. Обрыв фазы. Соединение типа «треугольник». Основные законы. Мощность трехфазного тока.	2	0	0	2
12	Нелинейная электрическая цепь постоянного тока с последовательным соединением элементов	0	0	4	4
13	Переходные процессы в RC-цепях. Переходные процессы в RLC- цепях. Устройство, конструкция и принцип действия трансформатора. Режимы работы трансформатора.	2	0	0	2
14	Электрические цепи трехфазного переменного тока	0	0	4	4
15	Машины постоянного тока. Устройство и принцип действия генераторов постоянного тока. Двигатели постоянного тока последовательного и параллельного возбуждения.	4	0	0	4
16	Исследования электродвигателя постоянного тока независимого возбуждения	0	0	2	2
17	Машины переменного тока. Асинхронные машины. Устройство и принцип действия трехфазного асинхронного двигателя. Механические и рабочие характеристики. Синхронные машины. Трехфазные синхронные генераторы.	4	0	0	4
18	Исследование асинхронного электродвигателя с короткозамкнутым ротором	0	0	2	2
19	Консультация перед зачетом	0	0	0	0
20	Дифференцированный зачет ЭиЭД	0	0	0	0
	Итого (ак. часов)	32	0	32	64

#### **4. Система оценивания.**

Обучающиеся, не набравшие 61 балла в течение семестра, или не согласные с оценкой, полученной по итогам текущего контроля в семестре, проходят промежуточную аттестацию в форме дифференцированного зачета (6 семестр).

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

- от 0 до 60 баллов – «не зачтено»;
- от 61 до 100 баллов – «зачтено».
  
- 60 баллов и менее – «неудовлетворительно»;
- от 61 до 75 баллов – «удовлетворительно»;
- от 76 до 90 баллов – «хорошо»;
- от 91 до 100 баллов – «отлично».

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

##### **5.1 Литература:**

1. Бондарев, Б. В. Курс общей физики. Кн. 2 : Электромагнетизм. Оптика. Квантовая физика. / Б.В. Бондарев, Н.П. Калашников, Г.Г. Спирин- М. : Юрайт, 2017. - 441 с. - 20 экз. - (дата обращения: 31.08.2022)

2. Кузнецов С.И. Курс лекций по физике. Электростатика. Постоянный ток. Электромагнетизм. Колебания и волны: Учебное пособие [Электронный ресурс]/ С.И. Кузнецов, Л.И. Семкина, К.И. Рогозин. - Томск: Изд-во Томского политех. университета, 2016. - 290 с.: ISBN 978-5-4387-0562-8 – Режим доступа: <http://znanium.com/bookread2.php?book=675264> - (дата обращения: 31.08.2022)

3. Кузнецов С.И. Физика. Основы электродинамики. Электромагнитные колебания и волны: Учебное пособие [Электронный ресурс]/ С.И. Кузнецов. - 4-е изд., испр. и доп. - М.: Вузовский учебник: НИЦ ИНФРА-М, 2015. - 231 с.: ISBN 978-5-9558-0332-6 - Режим доступа: <http://znanium.com/bookread2.php?book=424601> - (дата обращения: 31.08.2022)

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

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

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

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

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/>

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

MS Office, платформа для электронного обучения Microsoft Teams.

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

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

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

ФГАОУ ВО «Тюменский государственный университет»

УТВЕРЖДЕНО

Заместителем директора

Физико-технического института

Крековым С.А.

РАЗРАБОТЧИКИ

Гильманов А.Я., Шевелев А.П.

ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ СКВАЖИН

Рабочая программа

для обучающихся по направлениям подготовки

03.03.02 Физика, для всех профилей направления подготовки;

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

## 1. Планируемые результаты освоения дисциплины

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

По направлению подготовки 03.03.02 Физика: ПК-2;

По направлению подготовки 16.03.01 Техническая физика: ПК-2.

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

В результате изучения курса студент должен получить:

#### Знания:

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

#### Умения:

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

#### Навыки:

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

## 2. Структура и трудоемкость дисциплины

Таблица 1

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

\*в зависимости от выбора обучающимся реализуемой дисциплины

### 3. Содержание дисциплины

Таблица 2

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

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

\*в зависимости от выбора обучающимся реализуемой дисциплины

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

#### **4. Система оценивания.**

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

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

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

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

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

##### **5.1 Литература:**

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

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

Не используются.

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

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

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

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

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

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

MS Office, платформа для электронного обучения Microsoft Teams.

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

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

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

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

ФГАОУ ВО «Тюменский государственный университет»

УТВЕРЖДЕНО

Заместителем директора

Физико-технического института

Крековым С.А.

РАЗРАБОТЧИК

Флягин В.М.

ПРОГРАММИРОВАНИЕ МИКРОКОНТРОЛЛЕРОВ

Рабочая программа

для обучающихся по направлениям подготовки

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

## 1. Пояснительная записка

### 1.1. Цели и задачи дисциплины

**Целью** дисциплины «Микропроцессоры» является ознакомление студентов с важнейшим на данный момент направлением микроэлектроники – микропроцессорной техникой, с общими принципами построения и функционирования микропроцессорных систем, приобретение практических навыков использования микропроцессоров для решения разнообразных технических задач.

**Задачами** дисциплины являются:

- ознакомление с теорией проектирования узлов и элементов микроэлектронных систем, способами организации вычислений и управления на базе современных микропроцессорных и микроконтроллерных средств;
- получение практических навыков построения микроконтроллерных систем и написания программ для их управления;
- изучение современных аппаратных и программных средств поддержки проектирования микропроцессорных и микроконтроллерных систем.

### 1.2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Содержание курса базируется на знаниях, приобретенных при изучении следующих дисциплин: «Электричество и магнетизм», «Электротехника», «Основы радиоэлектроники», «Программирование».

**Таблица 1.**

Разделы дисциплины и междисциплинарные связи с обеспечиваемыми (последующими) дисциплинами

№ п/п	Наименование обеспечиваемых (последующих) дисциплин	Темы дисциплины необходимые для изучения обеспечиваемых (последующих) дисциплин						
		1	2	3	4	5	6	7
1.	Полупроводниковая электроника		X	X	X	X	X	X

### 1.3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения данной образовательной программы.

В результате освоения ОП выпускник должен обладать следующими общепрофессиональными компетенциями: УК-1.

### 1.4. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине

В результате изучения дисциплины студент должен:

**знать:**

- архитектуру и принципы построения микропроцессорных систем, базовые схемы;
- современные микропроцессоры и микроконтроллеры, методы их конструирования;
- типовые микропроцессорные системы на основе микроконтроллеров Microchip;
- микропроцессорные системы с датчиками;
- методы и способы разработки программного обеспечения для встроенных электронных систем;
- принципы функционирования микропроцессорных средств управления.

**уметь:**

- проводить сравнительный анализ микропроцессоров и микроконтроллеров;
- проектировать схемы с применением микроконтроллеров.

**владеть:** навыками разработки электронных устройств на основе микроконтроллеров.

## 2. Структура и трудоемкость дисциплины.

Семестр 6. Форма промежуточной аттестации: экзамен. Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачётных единицы, 108 академических часов, из них **57,75 часа, выделенных на контактную работу с преподавателем (в т.ч. иные виды работы (контактной) 3,75 ч.), 50,25 ч., выделенных на самостоятельную работу.**

## 3. Тематический план.

Таблица 2.

<b>Тематический план</b>									
№	Тема	недели семестра	Виды учебной работы и самостоятельная работа, в час.				Итого часов по теме	Из них в интерактивной форме	Итого количество баллов
			Лекции	Семинар. занятия	Лаборат. занятия	Самост. работа*			
<b>Модуль 1</b>		<b>1-5</b>							
1.	Введение	1	2	-	0	0	2	0	0
2.	Архитектура микропроцессоров	2-4	6	-	2	10	18	2	0-10
3.	Производительность микропроцессоров	5	2	-	2	4	8	2	0-10
	<b>Всего</b>		<b>10</b>	<b>-</b>	<b>4</b>	<b>14</b>	<b>28</b>	<b>4</b>	<b>0-20</b>
<b>Модуль 2</b>		<b>6-12</b>							
1.	8-разрядные микропроцессоры	6-9	8	-	8	10	26	3	0-40
2.	32-разрядные микропроцессоры	10-12	6	-	0	5	11	0	0
	<b>Всего</b>		<b>14</b>	<b>-</b>	<b>8</b>	<b>15</b>	<b>37</b>	<b>3</b>	<b>0-40</b>
<b>Модуль 3</b>		<b>13-18</b>							
1.	Микроконтроллеры	13-16	8	-	6	10	24	2	0-30
2.	Тенденции развития микропроцессорной техники	17-18	4	-	0	15	19	0	0-10
	<b>Всего</b>		<b>12</b>	<b>-</b>	<b>6</b>	<b>25</b>	<b>43</b>	<b>2</b>	<b>0-40</b>
	<b>Итого</b>		<b>36</b>	<b>-</b>	<b>18</b>	<b>54</b>	<b>108</b>	<b>9</b>	<b>0-100</b>
	Из них в интерактивной форме		4		5			9	

\*Самостоятельная работа (включая иные виды контактной работы).

#### 4. Виды и формы оценочных средств в период текущего контроля

Таблица 3.

№	Тема	Устный опрос	Письменная работа			Итого баллов
			защита лаб. работ	отчеты по лаб. работам	реферат	
<b>Модуль 1</b>						
1.	Введение					0
2.	Архитектура микропроцессоров	5	5	0	0	0-10
3.	Производительность микропроцессоров	5	5	0	0	0-10
	<b>Всего</b>	<b>10</b>	<b>10</b>			<b>0-20</b>
<b>Модуль 2</b>						
1.	8-разрядные микропроцессоры	20	20	0	0	0-40
2.	32-разрядные микропроцессоры	0	0	0	0	0
	<b>Всего</b>	<b>20</b>	<b>20</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0-40</b>
<b>Модуль 3</b>						
1.	Микроконтроллеры	10	10	0	10	0-30
2.	Тенденции развития микропроцессорной техники	0	0	10	0	0-10
	<b>Всего</b>	<b>10</b>	<b>10</b>	<b>10</b>	<b>10</b>	<b>0-40</b>
	<b>Итого</b>					<b>0-100</b>

#### 5. Содержание дисциплины.

##### *Модуль 1.*

*Тема 1. Введение.*

Трудоемкость лекционного курса – 2 часа.

История развития микропроцессорных систем. Обобщённая структура микропроцессора. Основные параметры микропроцессоров.

*Тема 2. Архитектура микропроцессоров.*

Трудоемкость лекционного курса – 6 часов.

Общие понятия архитектуры микропроцессоров. Классификация микропроцессоров.

*Тема 3. Производительность микропроцессоров.*

Трудоемкость лекционного курса – 2 часа.

Понятие производительности микропроцессоров, способы и программные средства ее измерения.

##### *Модуль 2.*

*Тема 1. 8-разрядные микропроцессоры.*

Трудоемкость лекционного курса – 8 часов.

Архитектура 8-разрядных микропроцессоров на примере Z-80. Алгоритм работы микропроцессора. Регистры микропроцессора и их назначение. Функции арифметико-

логического устройства. Регистр команд и устройство управления процессором. Управление шинами адреса и данных. Элементы схемотехники 8-разрядных процессоров (схемы входа и выхода, трёхстабильные схемы входа/выхода). Обработка команд программы микропроцессором. Машинные циклы. Методы адресации. Система команд Z-80. Элементы языка программирования Assembler. Система прерываний. Разрешение и запрещение прерываний. Маскируемое и немаскируемое прерывания. Прием запросов. Обработка прерываний. Особенности 8-разрядных микропроцессоров других производителей (i8086, КР580).

*Тема 2. 32-разрядные микропроцессоры.*

Трудоемкость лекционного курса – 6 часов.

Особенности архитектуры 32-разрядных микропроцессоров: система команд; CISC- и RISC- процессоры; способы адресации. Способы повышения производительности микропроцессоров: конвейерная обработка команд; система управления шиной; кэш-память; поддержка виртуальной памяти, суперскалярность. Структура и основные параметры 32-разрядных микропроцессоров фирмы Intel. 32-разрядные микропроцессоры других производителей.

### **Модуль 3.**

*Тема 1. Микроконтроллеры.*

Трудоемкость лекционного курса – 8 часов.

Назначение и классификация микроконтроллеров. Архитектурные особенности. Применение микроконтроллеров.

*Тема 2. Тенденции и перспективы развития микропроцессорной техники.*

Трудоемкость лекционного курса – 4 часа.

Физические, технологические и архитектурные направления развития микропроцессов.

## **6. Планы семинарских занятий.**

Семинарские занятия учебным планом ООП не предусмотрены.

## **7. Лабораторный практикум.**

Лабораторный практикум выполняется на специализированном стенде с использованием 8-разрядного микроконтроллера PIC16F877A семейства Microchip. Для успешного выполнения лабораторный практикум обеспечивается методическими рекомендациями и программными средствами разработки радиоэлектронных устройств.

### ***Тематика лабораторных работ по дисциплине.***

1. Ввод и вывод цифровых сигналов.
2. Вывод данных на внешние индикаторы.
3. Ввод аналоговых величин блоком АЦП.
4. Управление аналоговыми устройствами с помощью сигналов ШИМ.
5. Использование аппаратных счетчиков.
6. Обработка прерываний.

## **8. Тематика курсовых работ.**

Курсовые работы учебным планом ООП не предусмотрены.

## **9. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующей этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы.**

Самостоятельная работа студентов подразумевает проработку теоретической части дисциплины по рекомендованной литературе, подготовку допусков к лабораторному практикуму с использованием методической литературы, подготовку рефератов по наиболее важным областям и перспективным новинкам в области микропроцессорной техники, а также разработку групповых проектов. Для выполнения групповых проектов студенты по желанию делятся на небольшие группы до 5 человек, и прорабатывают предложенные преподавателем темы до уровня законченного виртуального устройства.

### **Примерные темы рефератов:**

1. Современные микропроцессоры: классификация, производители, тенденции развития.
2. Сигнальные микропроцессоры и их применение.
3. Особенности архитектуры микропроцессоров компании Intel.
4. Особенности архитектуры микропроцессоров компании AMD.
5. Современные микроконтроллеры и их применение.
6. История развития микропроцессорной техники.
7. Закон Мура и микропроцессоры.
8. Многопроцессорные системы.
9. Технологические особенности производства микропроцессоров.
10. Программирование микропроцессоров и микропроцессорных систем.

### **Примерные темы групповых проектов:**

1. Электронные часы.
2. Электронный термометр.
3. Цифровой вольтметр с 5 пределами измерения напряжения.
4. 8-канальный анализатор спектра.
5. 4-канальный секвенсор.

## **10. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций.**

В течение семестра студенты готовятся и выполняют 6 лабораторных работ, один групповой проект, один реферат.

Подготовка к лабораторной работе заключается в проработке теоретического материала, и оценивается преподавателем при выставлении допуска к выполнению лабораторной работы. Защита выполненной лабораторной работы проходит индивидуально, в процессе защиты преподаватель проверяет программу, ее правильность и оптимальность с точки зрения поставленной задачи. Лабораторные работы оцениваются суммарно в 80 баллов максимум.

Групповые проекты подразумевают работу в малых группах по заранее выбранной теме. По результатам защиты групповых проектов каждый участник группы получает до 10 баллов за работу.

Рефераты подготавливаются студентами в течение семестра. После проверки преподавателем студент получает до 10 баллов за написание реферата.

Активная работа в течение семестра допускает получение оценки по набранным баллам: от 0 до 34 баллов студенты не допускаются до сдачи экзамена; от 35 до 60 баллов выставляется оценка «неудовлетворительно»; от 61 до 75 – «удовлетворительно»; от 76 до 90 – «хорошо»; от 91 до 100 – «отлично». Студенты, набравшие менее 35 баллов, перед сдачей экзамена должны сдать необходимое для допуска количество лабораторных работ. Студенты, допущенные до экзамена, но набравшие менее 61 балла, сдают экзамен.

Экзамен проходит в виде собеседования по вопросам билета. Билет состоит из двух вопросов. На подготовку к ответу отводится не более 40 минут. По вопросам билета проводится

собеседование, в ходе которого задаются дополнительные вопросы. Ответ на каждый вопрос оценивается по 50-бальной шкале. Результирующая оценка складывается. При результате от 0 до 60 баллов выставляется оценка «неудовлетворительно»; от 61 до 75 – «удовлетворительно»; от 76 до 90 – «хорошо»; от 91 до 100 – «отлично».

### **Примерные вопросы к экзамену**

1. Микропроцессоры и микропроцессорные системы. Основные понятия и определения.
2. Шинная структура связей.
3. Режимы работы микропроцессорной системы.
4. Архитектура микропроцессорных систем. Типы микропроцессорных систем.
5. Шины микропроцессорной системы.
6. Циклы программного обмена.
7. Циклы обмена по прерываниям.
8. Циклы обмена в режиме ПДП.
9. Прохождение сигналов по магистрали.
10. Функции процессора.
11. Функции памяти микропроцессорной системы.
12. Функции устройств ввода/вывода.
13. Адресация операндов.
14. Регистры процессора.
15. Система команд процессора.
16. Классификация и структура микроконтроллеров.
17. Структура процессорного ядра микроконтроллера.
18. Система команд процессора микроконтроллера.
19. Схема синхронизации микроконтроллеров.
20. Память программ и память данных микроконтроллеров.
21. Регистры и стек микроконтроллера.
22. Порты ввода/вывода микроконтроллера.
23. Таймеры и процессоры событий микроконтроллера.
24. Модуль прерываний микроконтроллера.
25. Тактовые генераторы микроконтроллеров.
26. Аппаратные средства обеспечения надежной работы микроконтроллеров.
27. Модули последовательного ввода/вывода микроконтроллера.
28. Модули аналогового ввода/вывода микроконтроллера.

### **11. Образовательные технологии.**

В соответствии с требованиями ФГОС при реализации различных видов учебной работы в процессе изучения дисциплины «Микропроцессоры» предусматривается использование в учебном процессе следующих активных и интерактивных форм проведения занятий: лекции; выполнение лабораторных работ; работа в малых группах.

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

#### **12.1 Основная литература:**

1. Микропроцессоры: учебно-методический комплекс: методические рекомендации по выполнению лабораторных работ для студентов направления 011800.62 "Радиофизика"/ Виктор Михайлович Флягин; В. М. Флягин ; Тюм. гос. ун-т, Ин-т физики и химии. - Тюмень: Вектор Бук Ч. 1. - 2014. - 33 с
2. Микропроцессоры: учебно-методический комплекс: методические рекомендации по выполнению лабораторных работ для студентов направления 011800.62 "Радиофизика"/ Виктор Михайлович Флягин; В. М. Флягин ; Тюм. гос. ун-т, Ин-т физики и химии. - Тюмень: Вектор Бук Ч. 2. - 2014. - 40 с

3. Жмакин, Анатолий Петрович. Архитектура ЭВМ : учеб. пособие по спец. "Мат. обеспечение и администрирование информ. систем" - 010503 / А. Жмакин. - Санкт-Петербург : БХВ-Петербург, 2008. - 320 с. ; 24 см. + 1 эл. опт. диск (CD-ROM). - Библиогр.: с. 309-310.

### **12.2. Дополнительная литература:**

1. Корнеев В.В., Кисилев А.В. Современные микропроцессоры. – М.: НОЛИДЖ, 1998.
2. Манаев Е.И. Основы радиоэлектроники. М.: Радио и связь, 1990.
3. Хоровиц П., Хилл У. Искусство схемотехники: т.2,3. – М.,: Мир, 1993.
4. Микропроцессорный комплект Z-80: справочное пособие. Кн.1: Центральный процессор Z-80 CPU. – Минск, УКИК «ЦЕНТР», 1990.
5. Левкин Г.Н., Левкина В.Е. Введение в схемотехнику ПЭВМ РС/АТ. – М.: Изд. МПИ, 1991.
6. Григорьев В.Л. Микропроцессор i486. Архитектура и программирование: кн.1,2. – М.: ГРАНАЛ, 1993.

### **12.3. Интернет-ресурсы:**

1. Русскоязычный портал компании Microchip: [www.microchip.ru](http://www.microchip.ru)
2. eLIBRARY – Научная электронная библиотека (Москва) <http://elibrary.ru/>

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

Для работы на занятиях необходимо программное обеспечение Proteus 7.0 (или выше), среда разработки Proton PicBasic 2.6 (или выше), программатор WinPic800 3.55.

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

Лекционная аудитория с мультимедиа проектором, лабораторный стенд, персональный компьютер, программатор микроконтроллеров Microchip.

### **15. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля).**

Формирование у студентов способностей и умения самостоятельно добывать знания из различных источников, систематизировать полученную информацию и эффективно её использовать происходит в течение всего периода обучения через участие студентов в лекционных и лабораторных занятиях, причём самостоятельная работа студентов играет решающую роль в ходе всего учебного процесса.

Для понимания лекционного материала и качественного его усвоения студентам необходимо вести конспекты лекций. В течение лекции студент делает пометки по тем вопросам лекции, которые требуют уточнений и дополнений. Вопросы, которые преподаватель не отразил в лекции, студент должен изучать самостоятельно. Для наиболее глубокого освоения дисциплины рекомендуется изучать литературу, обозначенную как «Дополнительная» в представленном списке.

Лабораторные занятия требуют подготовки, которая заключается в проработке лекционного материала, относящегося к теме лабораторной работы, и тщательного изучения теоретических положений в методических рекомендациях по выполнению лабораторных работ. При подготовке следует использовать основную литературу из представленного списка.

Лабораторные занятия подразумевают написание программ и тестирование работы микроконтроллерных устройств в постоянном сотрудничестве с преподавателем. Исходя из специфики дисциплины, заключающейся в ориентации на практику и применении микроконтроллеров в курсовых и выпускных квалификационных работах, крайне рекомендуется посещать все лабораторные занятия.

При подготовке к экзаменам у студента должен быть хороший учебник или конспект литературы, прочитанной по указанию преподавателя в течение семестра. Вначале следует

просмотреть весь материал по сдаваемой дисциплине, отметить для себя трудные вопросы. Обязательно в них разобраться. В заключение еще раз целесообразно повторить основные положения, используя при этом опорные конспекты лекций. Систематическая подготовка к занятиям в течение семестра позволит использовать время экзаменационной сессии для систематизации знаний.

ФГАОУ ВО «Тюменский государственный университет»

УТВЕРЖДЕНО

Заместителем директора

Физико-технического института

Крековым С.А.

РАЗРАБОТЧИК

Шастунова У.Ю.

ФИЗИКА КРИОГЕННЫХ ПРОЦЕССОВ

Рабочая программа

для обучающихся по направлению подготовки

16.03.01 Техническая физика

профиль подготовки

Техническая физика в нефтегазовых технологиях

форма обучения очная

## 1. Планируемые результаты освоения дисциплины

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

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

**Знания:** термодинамических условий развития мерзлых пород, физические, теплофизические и механические процессы в мерзлых породах, свойств мерзлых пород, теплофизические закономерности сезонного и многолетнего промерзания и протаивания мерзлых пород с учетом геологических и географических условий.

**Умения:** составлять региональные и локальные тепловые балансы, поставить и решить задачи о промерзании (протаивании) грунта, определить теплообороты и глубину сезонного промерзания (протаивания) пород, оценивать пучение промерзающих и оттаивающих дисперсных пород.

**Навыки:** приемы и навыки решения конкретных задач из разных областей геокриологии, помогающих в дальнейшем решать инженерные задачи.

## 2. Структура и трудоемкость дисциплины

Таблица 1

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

## 3. Содержание дисциплины

Таблица 2

№	Тематика учебных встреч	Виды аудиторной работы (в ак.час.)			Итого аудиторных ак. часов по теме
		Лекции	Практические занятия	Лабораторные / практические занятия по подгруппам	
1	2	3	4	5	6
1	Понятие о геокриологии	4	0	0	4
2	Термодинамика и механика равновесия фаз воды в дисперсных системах	0	4	0	4
3	Термодинамические условия развития мёрзлых пород	8	0	0	8
4	Процессы режеляции	0	4	0	4
5	Задача Стефана	0	4	0	4
6	Тепло- и массообмен в промерзающих и протаивающих горных породах	8	0	0	8
7	Миграционные процессы и теоретические модели льдонакопления в промерзающих дисперсных породах	0	6	0	6
8	Баротермический эффект в мёрзлых дисперсных породах и температурный режим мёрзлых толщин	0	4	0	4
9	Физические и механические процессы в промерзающих, мёрзлых и протаивающих породах	4	0	0	4
10	Обобщённая модель тепломассопереноса и деформирования промерзающих и оттаивающих пород при действии нагрузки	0	6	0	6
11	Сезонное промерзание и протаивание горных пород. Основы рационального освоения территорий криолитозоны	8	0	0	8
12	Механические свойства мёрзлых грунтов	0	4	0	4
	Итого (ак. часов)	32	32	0	64

#### 4. Система оценивания

На учебных занятиях оценивается работа студентов в аудитории на практических занятиях (0 – 3 баллов за занятие). Под работой на практических занятиях подразумевается активная беседа с преподавателем, самостоятельное выполнение заданий, выданных преподавателем.

На одном из учебных семинаров проходит защита рефератов (0-20 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 (0-40 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 – дифференцированный зачет. Обязательным условием сдачи дифференцированного зачета является сдача всех проектов, запланированных в учебной дисциплине.

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

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

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

##### 5.1 Литература:

1. 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: 24.03.2022). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

2. 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: 24.03.2022). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

##### 5.2 Электронные образовательные ресурсы:

Не требуются для реализации дисциплины.

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

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

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

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

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

MS Office, платформа для электронного обучения Microsoft Teams.

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

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

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

ФГАОУ ВО «Тюменский государственный университет»

УТВЕРЖДЕНО  
Заместителем директора  
Физико-технического института  
Крековым С.А.  
РАЗРАБОТЧИК  
Монтанари С.Г.

МИКРОПРОЦЕССОРЫ (ЧАСТЬ 1, 2, 3)  
Рабочая программа  
для обучающихся по направлениям подготовки  
16.03.01 Техническая физика, для всех профилей направления подготовки;  
форма обучения очная

## 1. Пояснительная записка

Современная электроника в большей степени является твердотельной, основой которой являются полупроводниковые материалы. Поэтому в данном курсе достаточно подробно рассматривается зонная теория твердого тела, изучаются физические свойства полупроводников, а также принципы работы наиболее распространенных элементов и устройств полупроводниковой электроники, таких как полупроводниковые диоды, биполярные и полевые транзисторы, тиристоры, светодиоды, полупроводниковые лазеры, приборы с зарядовой связью и т. д. Указанные виды элементов входят в состав аналоговых и цифровых электронных приборов, использующихся при передаче, приеме, а также при обработке информации.

### 1.1. Цели и задачи дисциплины

Целью преподавания дисциплины «Микропроцессоры» является изучение физики полупроводников, а также физических основ работы полупроводниковых элементов и устройств, достаточное для понимания, изготовления и анализа работы функциональных узлов радиоэлектронной аппаратуры.

Задачами изучения дисциплины являются формирование теоретических представлений о физических процессах, лежащих в основе работы полупроводниковых активных и пассивных элементов электронной техники, с помощью которых осуществляется прием, передача, обработка, преобразование и хранение информации, представленной в виде электрических сигналов различной формы, приобретение навыков работы с основными элементами полупроводниковой схемотехники, экспериментального определения их основных параметров и характеристик.

### 1.2. Место дисциплины в структуре ОП бакалавриата.

Содержание курса «Микропроцессоры» базируется на знаниях, приобретённых при изучении следующих дисциплин: разделов «Электричество и магнетизм», «Атомная и ядерная физика» курса общей физики, разделов «Электродинамика», «Квантовая механика», «Термодинамика и статистическая физика» теоретической физики. Математической основой курса являются разделы «Математический анализ», «Дифференциальные уравнения», «Теория вероятностей и математическая статистика» математики.

### Разделы дисциплины и междисциплинарные связи с обеспечиваемыми (последующими) дисциплинами

Таблица 1.

№ п/п	Наименование обеспечиваемых (последующих) дисциплин	Темы дисциплины, необходимые для изучения обеспечиваемых (последующих) дисциплин								
		2.3	3.1	3.2	3.4	3.5	3.6	3.7	3.8	...
1.	Квантовая радиофизика	+		+	+	+	+	+		
2.	Практикум по квантовой радиофизике					+	+	+		
3.	Практикум по СВЧ		+	+	+				+	
4.	Методы модуляции и приема электромагнитных излучений					+	+	+		

### 1.3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения данной образовательной программы:

В результате освоения ОП бакалавриата выпускник должен обладать следующими компетенциями:

**общекультурные:**

ОПК-1 способностью к овладению базовыми знаниями в области математики и естественных наук, их использованию в профессиональной деятельности;

ОПК-4 способностью понимать сущность и значение информации в развитии современного общества, сознавать опасности и угрозы, возникающие в этом процессе, соблюдать основные требования информационной безопасности, в том числе защиты государственной тайны;

**профессиональные:**

научно-исследовательская деятельность:

ПК- 1 способностью к определению общих форм и закономерностей отдельной предметной области .

**1.4. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю):**

В результате освоения дисциплины обучающийся должен:

**Знать:**

- физику полупроводников, их характеристики и параметры;
- свойства и назначение элементной базы радиоэлектронной аппаратуры;
- методы анализа и синтеза электронных схем;
- физические и информационные характеристики электрических сигналов, методы их преобразования с помощью линейных и нелинейных электрических цепей;
- принципы построения узлов и блоков аналоговой и цифровой радиоэлектроники;
- методы работы с измерительной аппаратурой.

**Уметь:**

- представлять физику работы различных полупроводниковых элементов и устройств;
- читать и анализировать принципиальные электрические схемы различных приборов;
- рассчитывать параметры электронных схем и подбирать соответствующие этим параметрам элементы;
- выполнять электрические измерения, экспериментально определять параметры и характеристики различных элементов электронных устройств;
- использовать справочную литературу и прикладное программное обеспечение при расчете и синтезе электронных схем.

**Владеть:**

- приемами и навыками решения конкретных задач из разных областей полупроводниковой электроники, помогающих в дальнейшем решать инженерные задачи, основами знаний в области разработки и анализа электронных схем, создания различных практических устройств для научных исследований и инженерной практики.

**2. Структура и трудоемкость дисциплины**

Семестр 7. Форма промежуточной аттестации – экзамен. Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетные единицы, 144 академических часа, из них 76,65 часа, выделенных на контактную работу с преподавателем (в т.ч. иные виды работы (контактной) 4,65 ч.), 67,4 ч., выделенных на самостоятельную работу.

**3. Тематический план дисциплины**

**Таблица 2.**

№	Тема	недели семестра	Виды учебной работы и самостоятельная работа, в час.				Итого часов по теме	Из них в интерактивной форме	Итого количество баллов
			Лекции	Семинар. (практ)	Лабораторные занятия	Самостоятельная работа*			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	<b>Модуль 1</b>	1-5							
1.1	Введение. Элементы зонной теории твердого тела.		2	4		4	8	2	0-5
1.2	Собственные и примесные полупроводники.		4	4		12	14	2	0-5
1.3	Равновесная и неравновесная концентрации носителей заряда.		4	2		8	10	1	0-5
	<b>Всего</b>		10	10		24	32	5	<b>0-15</b>
	<b>Модуль 2</b>	6-12							
2.1	Электронно-дырочный переход.		4	4		8	12	2	0-5
2.2	Контакт металл-полупроводник. Диоды Шоттки.		2	2		4	6	1	0-5
2.3	Гетеропереходы. Односторонняя и суперинжекция.		2	2		6	7	1	0-5
2.4	Полупроводниковые диоды.		2	2		4	6	1	0-5
2.5	Туннельные диоды.		1	1		2	3		0-5
	<b>Всего</b>		11	11		24	34	5	<b>0-25</b>
	<b>Модуль 3</b>	13-18							
3.1	Биполярные транзисторы.		2	2		4	6	1	0-5
3.2	Полевые транзисторы.		2	3		4	7	2	0-5
3.3	Тиристоры.		1	1			2		0-5
3.4	Полупроводниковые СВЧ приборы.		2	1		2	4	1	0-5
3.5	Светоизлучающие диоды.		2	1		2	4		0-10
3.6	Полупроводниковые лазеры.		2	3		4	7	2	0-10
3.7	Полупроводниковые фотоприемники.		3	2		6	8	1	0-10

3.8	Интегральные микросхемы.		1	2		2	4	1	0-10
	<b>Всего</b>		15	15		24	42	8	<b>0-60</b>
	<b>Итого (часов, баллов):</b>		36	36		72	144		<b>0-100</b>
	<b>Из них в интерактивной форме</b>		5	13				18	

\*Самостоятельная работа (включая иные виды контактной работы).

#### 4. Виды и формы оценочных средств в период текущего контроля

Таблица 3.

№ темы	Устный опрос		Письменные работы					Итого количество баллов
	коллоквиумы	ответ на семинаре	отчет по заданиям самост. ра-	контрольная работа	тест	реферат	прочие	
<b>Модуль 1</b>								
1.1. Введение. Элементы зонной теории твердого тела	0-1	0-1				0-3		0-5
1.2. Собственные и примесные полупроводники.	0-1	0-1		0-2	0-1			0-5
1.3. Равновесная и неравновесная концентрации носителей заряда.	0-1	0-1		0-2	0-1			0-5
<b>Всего</b>								<b>0-15</b>
<b>Модуль 2</b>								
2.1. Электронно-дырочный переход.	0-1	0-1	0-1	0-2				0-5
2.2. Контакт металл-полупроводник. Диоды Шоттки.		0-1		0-2		0-2		0-5
2.3. Гетеропереходы. Односторонняя и суперинжекция.			0-1	0-2	0-1	0-1		0-5
2.4. Полупроводниковые диоды.		0-1	0-4					0-5
2.5. Туннельные диоды.		0-1	0-4					0-5
<b>Всего</b>								<b>0-25</b>
<b>Модуль 3</b>								
3.1. Биполярные транзисторы.	0-1	0-1		0-2	0-1			0-5
3.2. Полевые транзисторы.			0-1	0-2		0-2		0-5
3.3. Тиристоры.	0-1		0-1	0-1		0-2		0-5
3.4. Полупроводниковые СВЧ приборы.		0-1	0-2			0-2		0-5
3.5. Светоизлучающие диоды	0-2		0-4			0-4		0-10
3.6. Полупроводниковые лазеры.		0-2		0-4	0-4			0-10

3.7. Полупроводниковые фотоприемники.	0-2		0-4			0-4		0-10
3.8. Интегральные микросхемы.		0-2		0-4	0-4			0-10
<b>Всего</b>								<b>0-60</b>
<b>Итого</b>								<b>0 – 100</b>

## 5. Содержание дисциплины.

### Модуль 1.

#### Тема 1.1. Введение. Элементы зонной теории твердого тела

Краткие сведения из истории развития электроники. Место дисциплины в профессиональной подготовке бакалавра радиофизики. Задачи дисциплины и связь ее с другими общепрофессиональными и специальными дисциплинами. Элементы зонной теории твердого тела, кристаллическая решетка, типы связей, дефекты решетки.

#### Тема 1.2. Собственные и примесные полупроводники.

Собственные полупроводники (Свойства Si, Ge и GaAs при 300K). Примесные полупроводники; зонные диаграммы; генерация и рекомбинация носителей заряда; распределение Ферми- Дирака для носителей заряда; расчет концентраций электронов и дырок в соответствующих зонах.

#### Тема 1.3 Равновесная и неравновесная концентрации носителей заряда

Равновесная и неравновесная концентрации носителей заряда, Влияние поверхностных состояний и внешнего электрического поля на электропроводность полупроводников.

### Модуль 2

#### Тема 2.1. Электронно–дырочный переход (p-n переход).

Диффузионные и дрейфовые токи в полупроводниках и переходе. Классификация переходов. Природа контактной разности потенциалов, работа выхода, зонная диаграмма электронно–дырочного перехода, равновесное состояние p-n перехода, математическая модель идеализированного электронно-дырочного перехода, физические явления (туннельный эффект, ударная ионизация и др.), вызывающие отклонения от идеализированной модели.

Неравновесное состояние p- n перехода и его статическая вольт-амперная характеристика. Формула Шоттки. Динамические свойства p- n перехода. Инерционные свойства, барьерная и диффузионная емкости p- n перехода.

#### Тема 2.2. Контакт металл – полупроводник.

Барьер Шоттки. Диоды Шоттки. Инерционные свойства перехода.

#### Тема 2.3. Гетеропереходы.

Физические процессы в контактах полупроводников с различной шириной запрещенной зоны (гетеропереходы). Энергетическая диаграмма гетероперехода. Односторонняя инжекция. Суперинжекция. Примеры применения гетеропереходов. Краткий обзор работ нобелевского лауреата по физике Ж. И. Алфера по гетеропереходам. Особенности квантово – размерных структур.

#### Тема 2.4. Полупроводниковые диоды.

Вольт – амперная характеристика (ВАХ) полупроводникового диода. Инжекция носителей. Тепловой и электрический пробой диода. Выпрямительные диоды. Стабилитроны.

Физические причины инерционных процессов в реальных диодах. Импульсные диоды.

Области применения полупроводниковых диодов.

#### Тема 2.5. Туннельные диоды.

Вырожденные и невырожденные полупроводники. Распределение Ферми- Дирака для вырожденных полупроводников. Принцип работы туннельного диода. Прямая и обратная ветви вольт-амперной характеристики диода. Параметры и характеристики туннельного диода. Применения туннельного диода.

## **Модуль 3**

### **Тема 3.1. Биполярные транзисторы.**

Структура и принцип действия биполярных транзисторов. Их назначение и использование в электронных схемах. Режимы работы транзисторов: активный, насыщения, отсечки. Схемы включения транзисторов. Входные и выходные характеристики. Система  $h$  – параметров биполярного транзистора. Параметры транзисторов при различных схемах включения. Схемы замещения. Динамические характеристики. Составной транзистор (схема Дарлингтона).

### **Тема 3.2. Полевые транзисторы.**

Принцип работы и классификация полевых транзисторов. Полевой транзистор с управляющим р-п переходом. Выходные и сток – затворные характеристики полевых транзисторов. МДП и МОП – транзисторы: Транзисторы с встроенным и с индуцированным каналами. Переключатели и элементы памяти на основе МДМ и МДП-структур. Приборы с зарядовой связью (ПЗС-линейки): анализ ПЗС с трехтактным и двухтактным питанием, фоточувствительные приборы. Флэш- память.

### **Тема 3.3. Тиристоры.**

Классификация тиристоров по структуре, числу выводов и способу управления. Условные обозначения. Принцип работы и ВАХ динистора. Тиристоры с управлением по катоду и по аноду. Двухтранзисторная модель тиристора. Применения тиристоров.

### **Тема 3.4. Полупроводниковые СВЧ приборы**

Эффект Ганна и генератор Ганна: энергетический спектр полупроводника, параметры GaAs, долинная структура зоны проводимости GaAs, подвижность носителей тока, время релаксации объемного заряда, механизм междолинного перехода, вольтамперная характеристика диода Ганна, домен сильного поля. Ганновская мода. Режим ОНОЗ. Гибридный режим. Генераторы и усилители на лавинно-пролетных диодах. Туннельные диоды Есаки и их применение. Полевые транзисторы с затвором в виде диодов Шоттки. Биполярные СВЧ транзисторы. Pin- диоды как управляющие элементы в устройствах СВЧ диапазона.

### **Тема 3.5. Светодиодающие диоды.**

Фотоэлектрические явления в полупроводниках и переходах, фотопроводимость и фотогоальванический эффект. Некогерентная и когерентная оптоэлектроника. Инжекционные светодиоды: принцип действия, параметры и основные характеристики.

### **Тема 3.6. Полупроводниковые лазеры.**

Полупроводниковые лазеры: населенность и инверсия населенности, порог генерации лазера, параметры и режимы работы, инжекционные лазеры, лазеры на гетеропереходах.

### **Тема 3.7. Полупроводниковые фотоприемники.**

Фотоприемники: внутренний фотоэффект, фото ЭДС. Параметры и характеристики фоторезисторов, фотодиодов, фототранзисторов и фототиристоров. Оптроны: характеристики, параметры, применение.

### **Тема 3.8. Интегральные микросхемы.**

Классификация интегральных микросхем (ИМС). Технологические основы ИМС: пленочные, гибридные, большие (БИС) и сверхбольшие (СБИС) микросхемы. Микросборки.

## **6. Планы семинарских занятий**

### **Семинар №1.**

Краткие сведения из истории развития электроники. Место дисциплины в профессиональной подготовке бакалавра радиофизики. Задачи дисциплины и связь ее с другими общепрофессиональными и специальными дисциплинами. Элементы зонной теории твердого тела, кристаллическая решетка, типы связей, дефекты решетки.

### **Семинар №2.**

Собственные полупроводники (Свойства Si, Ge и GaAs при 300К). Примесные полупроводники; зонные диаграммы; генерация и рекомбинация носителей заряда; распределение

Ферми- Дирака для носителей заряда; расчет концентраций электронов и дырок в соответствующих зонах

### **Семинар №3.**

Равновесная и неравновесная концентрации носителей заряда, Влияние поверхностных состояний и внешнего электрического поля на электропроводность полупроводников.

### **Семинар №4.**

Равновесная и неравновесная концентрации носителей заряда, Влияние поверхностных состояний и внешнего электрического поля на электропроводность полупроводников. Диффузионные и дрейфовые токи в полупроводниках и переходе. Классификация переходов. Природа контактной разности потенциалов, работа выхода, зонная диаграмма электронно-дырочного перехода.

### **Семинар №5.**

Физические явления (туннельный эффект, ударная ионизация и др.), вызывающие отклонения от идеализированной модели электронно-дырочного перехода.

Неравновесное состояние р- n перехода и его статическая вольт-амперная характеристика. Формула Шоттки. Динамические и инерционные свойства р- n перехода. Барьерная и диффузионная емкости р- n перехода.

### **Семинар №6.**

Барьерная и диффузионная емкости р- n перехода.

Барьер Шоттки. Диоды Шоттки. Инерционные свойства перехода металл- полупроводник.

### **Семинар №7.**

Физические процессы в контактах полупроводников с различной шириной запрещенной зоны (гетеропереходы). Энергетическая диаграмма гетероперехода. Односторонняя инжекция. Суперинжекция. Примеры применения гетеропереходов. Краткий обзор работ нобелевского лауреата по физике Ж. И. Алферова по гетеропереходам. Особенности квантово – размерных структур.

### **Семинар №8.**

Вольт – амперная характеристика (ВАХ) полупроводникового диода. Инжекция носителей. Тепловой и электрический пробой диода. Выпрямительные диоды. Стабилитроны. Физические причины инерционных процессов в реальных диодах. Импульсные диоды. Области применения полупроводниковых диодов.

### **Семинар №9.**

Вырожденные и невырожденные полупроводники. Распределение Ферми- Дирака для вырожденных полупроводников. Принцип работы туннельного диода. Прямая и обратная ветви вольт-амперной характеристики диода. Параметры и характеристики туннельного диода. Применения туннельного диода.

### **Семинар №10.**

Структура и принцип действия биполярных транзисторов. Их назначение и использование в электронных схемах. Режимы работы транзисторов: активный, насыщения, отсечки. Схемы включения транзисторов. Входные и выходные характеристики. Система  $h$  – параметров биполярного транзистора. Параметры транзисторов при различных схемах включения. Схемы замещения. Динамические характеристики. Составной транзистор (схема Дарлингтона).

### **Семинар №11.**

Принцип работы и классификация полевых транзисторов. Полевой транзистор с управляющим р-п переходом. Выходные и сток – затворные характеристики полевых транзисторов. МДП и МОП – транзисторы: Транзисторы с встроенным и с индуцированным каналами. Переключатели и элементы памяти на основе МДМ и МДП-структур. Приборы с зарядовой связью (ПЗС-линейки): анализ ПЗС с трехтактным и двухтактным питанием, фоточувствительные приборы. Флэш- память.

### **Семинар №12.**

Классификация тиристоров по структуре, числу выводов и способу управления. Условные обозначения. Принцип работы и ВАХ диностора. Тиристоры с управлением по катоду и по аноду. Двухтранзисторная модель тиристора. Применения тиристоров.

#### **Семинар №13.**

Эффект Ганна и генератор Ганна: энергетический спектр полупроводника, параметры GaAs, долинная структура зоны проводимости GaAs, подвижность носителей тока, время релаксации объемного заряда, механизм междолинного перехода, вольтамперная характеристика диода Ганна, домен сильного поля. Ганновская мода. Режим ОНОЗ. Гибридный режим. Генераторы и усилители на лавинно-пролетных диодах. Туннельные диоды Есаки и их применение. Полевые транзисторы с затвором в виде диодов Шоттки. Биполярные СВЧ транзисторы. Pin-диоды как управляющие элементы в устройствах СВЧ диапазона.

#### **Семинар №14.**

Фотоэлектрические явления в полупроводниках и переходах, фотопроводимость и фотогальванический эффект. Некогерентная и когерентная оптоэлектроника. Инжекционные светодиоды: принцип действия, параметры и основные характеристики.

#### **Семинар №15.**

Полупроводниковые лазеры: населенность и инверсия населенности, порог генерации лазера, параметры и режимы работы, инжекционные лазеры, лазеры на гетеропереходах.

#### **Семинар №16.**

Фотоприемники: внутренний фотоэффект, фото ЭДС. Параметры и характеристики фоторезисторов, фотодиодов, фототранзисторов и фототиристоров. Оптроны: характеристики, параметры, применение.

**Семинар №17.** Классификация интегральных микросхем (ИМС). Технологические основы ИМС: пленочные, гибридные, большие (БИС) и сверхбольшие (СБИС) микросхемы. Микросборки.

#### **7. Лабораторный практикум.**

Лабораторный практикум в соответствии с учебным планом ОП вынесен в отдельную дисциплину.

#### **8. Примерная тематика курсовых работ.**

Учебным планом ОП курсовые работы не предусмотрены.

#### **9. Учебно-методическое обеспечение и планирование самостоятельной работы студентов.**

**Таблица 4**

№	Модули и темы	Виды СРС		Неделя семестра	Объем часов*	Кол-во баллов
		обязательные	дополнительные			
<i>Модуль 1</i>		работа с литературой, источниками, работа с лекционным материалом.		1-5		
1.1	Введение. Элементы зонной теории твердого тела	работа с литературой, источниками, работа с лекционным материалом.				
1.2	Собственные и примесные полупроводники.	Построение функций Ферми-Дирака и оценка равновесной концентрации электронов в различных полупроводниках			4	0-2
1.3	Равновесная и неравновесная концентрации носителей заряда.	Рефераты: Параметры кремния, германия и арсенида галлия, работа с лекционным материалом.			4	0-2

	<b>Всего по модулю 1:</b>			<b>8</b>	<b>0-4</b>
<b>Модуль 2</b>		работа с литературой, источниками, работа с лекционным материалом.		6-12	
2.1	. Электронно-дырочный переход.	Виды электронно-дырочных переходов		8	0-4
2.2	. Контакт металл-полупроводник. Диоды Шоттки.	Причины низкой инерционности диодов Шоттки		4	
2.3	Гетеропереходы. Односторонняя и суперинжекция.	Применения гетеропереходов в транзисторной и оптической электронике		4	0-2
2.4	Полупроводниковые диоды.	Рефераты: «Выпрямительные и импульсные диоды»		4	0-2
2.5	Туннельные диоды.	Применения туннельных диодов в качестве активных элементов генераторов и триггеров		4	0-2
	<b>Всего по модулю 2:</b>			<b>24</b>	<b>0-10</b>
<b>Модуль 3</b>		работа с литературой, источниками, работа с лекционным материалом.		13-18	
3.1	Биполярные транзисторы	Схемы включения транзисторов; основные режимы работы биполярных транзисторов		8	0-4
3.2	Полевые транзисторы	Транзисторы с индуцированным и встроенным каналами; флэш память, ПЗС-линейки.		8	
3.3.	Тиристоры.				
3.4.	Полупроводниковые СВЧ приборы.				
3.5.	Светоизлучающие диоды	Основные параметры светодиодов, области их применения.		4	
3.6.	Полупроводниковые лазеры.	Полупроводниковые лазеры на электронно-дырочных переходах; преимущества лазеров на гетеропереходах.		8	0-2
3.7.	Полупроводниковые фотоприемники	Фоторезисторы, фотодиоды, фототранзисторы и их основные свойства.		8	0-2
3.8.	Интегральные микросхемы.	Типы интегральных схем; сборка и испытание высокочастотного усилителя.		4	
	<b>Всего по модулю 3:</b>			<b>40</b>	<b>0-8</b>
	<b>ИТОГО:</b>			<b>72</b>	<b>0-22</b>

\*Самостоятельная работа (включая иные виды контактной работы).

## 10. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины (модуля).

10.1. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующей этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы.

Примеры контрольных заданий:

1. Основные характеристики и параметры твердых веществ, использующихся в современной электронике.
2. Рассчитать и построить распределения Ферми- Дирака для акцепторных и донорных полупроводников при температуре 280 К и концентрации примесей  $10^{16} \text{ см}^{-3}$ .
3. Рассчитать и построить графики зависимостей заряженных частиц, потенциала и напряженности электрического поля в от координаты  $x$ , вдоль которой расположены слои электронно- дырочного перехода.
4. Доказать, что если в момент времени  $t'$  в полупроводник введено некоторое количество дырок, то доля дырок, которые к моменту  $t$  окажутся не связанными, равна  $\exp(t' - t)\tau_p$ , если вероятность рекомбинации введенной дырки за время  $dt$  равна  $dt/\tau_p$ .
5. Показать, что при установлении теплового равновесия в полупроводнике, выполняется соотношение  $np = n_i^2$ .
6. Рассчитать положение уровня Ферми для собственного полупроводника при 0 и 293 К, предполагая, что: 1) эффективные массы электронов и дырок одинаковы; 2) отношение масс электронов и дырок равно 0,67.
7. Вычислить энергию уровня Ферми при 300 К для кристалла германия, содержащего  $5 \cdot 10^{23}$  атомов мышьяка в  $1 \text{ м}^3$ .
8. Доказать, что в металлах ввод примесей порядка 10% и более сравнительно мало меняет электрическое сопротивление, тогда как в полупроводниках ввод примеси 0,01% изменяет сопротивление в  $10^6$  раз.
9. Найти концентрацию сурьмы в 100 г слитка германия с содержанием сурьмы в нем  $3,22 \cdot 10^{-6}$  г.
10. Вычислить электронный ток насыщения  $I_{ns}$  для германиевого  $p - n$  перехода, если площадь контакта равна  $0,5 \text{ см}^2$ , диффузионная длина для электронов на  $p$ - стороне равна  $10^{-4} \text{ м}$ , проводимость материала  $p$ -типа составляет  $2000 \text{ ом}^{-1}$  на метр при температуре 300 К.
11. Вычислить контактную разность потенциалов для  $p$ - $n$  перехода, составленного из германия, легированного фосфором и алюминием при температуре 300 К ; (фосфора-  $10^{15} \text{ 1/см}^3$ , алюминия-  $10^{17} \text{ 1/см}^3$ ).
12. Вычислить КПД светодиода из кремния, работающего при комнатной температуре.
13. Рассчитать основные характеристики фотодиода.

#### Примерные темы рефератов:

1. Зонная диаграмма арсенида галлия.
2. Частотные характеристики диодов Шоттки.
3. Применение суперинжекции в гетеропереходах.
4. Использование технологии полевых транзисторов для создания ПЗС линеек, флэш-памяти и т. д.
5. Маломощные высокочастотные тиристоры.
6. Диоды Ганна и туннельные диоды.
7. Светодиодная энергетика.
8. Достоинства и недостатки полупроводниковых фотоприемников по сравнению с вакуумными фотоприемниками.
9. Зонная теория полупроводников.
10. Параметры и свойства наиболее распространенных полупроводников.
11. Распределение Ферми- Дирака.
12. Электронно-дырочный переход и его основные свойства.
13. Виды полупроводниковых диодов.
14. Частотные свойства полупроводниковых диодов.
15. Биполярные транзисторы.

16. Полевые транзисторы.
17. Частотные свойства полевых транзисторов.
18. Частотные свойства тиристоров.
19. Работы Нобелевского лауреата 2001 г Ж. И. Алферова в области гетеропереходов.
20. Односторонняя и суперинжекция в гетеропереходах.
21. Простейшие схемы транзисторной электроники.
22. Полупроводниковые лазеры.
23. Светодиоды.
24. Фотопроводимость. Фоторезисторы.
25. Фотодиоды, фототранзисторы, фототиристоры и другие фотоприборы на переходах.
26. ПЗС- линейки.

## **10.2. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности характеризующих этапы формирования компетенций.**

Согласно «Положению о рейтинговой системе оценки успеваемости студентов Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Тюменский государственный университет» (приложение 1 к приказу ректора № 190 от 04.04.2014г.) всех формы текущего контроля, предусмотренные рабочей программой, оцениваются в баллах. Дисциплинарные модули, формы текущего контроля и шкала баллов, по которым они оцениваются, отражены в разделе «Тематический план».

Студенты, набравшие по дисциплине в период проведения текущего контроля от 35 до 60 баллов допускаются к экзамену. Если в период проведения текущей аттестации студент набрал 61 балл и более, то он автоматически получает экзаменационную оценку в соответствии со шкалой перевода, но в то же время он имеет право повысить оценку, полученную по итогам рейтинга (удовлетворительно, хорошо), путем сдачи экзамена.

Шкала перевода баллов в оценки:

- 60 баллов и менее – «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.

Студенты, набравшие по дисциплине менее 35 баллов к экзамену не допускаются. Необходимое количество баллов (до 35) для получения допуска к экзамену, студенты набирают после третьей контрольной недели.

### **Примерный перечень вопросов для экзамена.**

1. Классификация веществ по электрическим свойствам.
2. Проводники, диэлектрики, полупроводники.
3. Зонная теория твердого тела.
4. Условия возникновения свободных носителей тока в собственных полупроводниках.
5. Понятие уровня Ферми.
6. Примесные полупроводники.
7. Основные и неосновные носители тока.
8. Концентрация носителей тока.
9. Образование электронно-дырочного перехода.
10. Инжекция носителей тока через переход.
11. Толщина и емкость запирающего слоя p-n перехода.
12. Распределение Ферми.

13. Уравнение вольт-амперной характеристики р-п перехода.
14. Контактная разность потенциалов.
15. Ширина электронно-дырочного перехода.
16. Контакт металл-полупроводник.
17. Диоды Шоттки.
18. Закономерности протекания тока в базе диода.
19. Диффузионные и дрейфовые токи.
20. Физические причины инерционности р-п структуры.
21. Плоскостные и точечные диоды и их применение.
22. Туннельные диоды и их применение.
23. Лавинно-пролетные диоды и их применение.
24. Принцип действия биполярных транзисторов
25. Характеристики биполярного транзистора в схеме с об., оэ, ок
26. Входные и выходные статические характеристики транзистора для различных схем включения.
27. Различные состояния биполярного транзистора.
28. Режим работы транзистора по постоянному току
29. Н-параметры биполярных транзисторов.
30. Схема Дарлингтона.
31. Принцип работы полевых транзисторов с управляемым р-п переходом.
32. Основные характеристики и параметры полевых транзисторов.
33. Моп транзисторы со встроенным и индуцированным каналами.

## **11. Образовательные технологии**

Три четверти занятий проводятся в активной форме, одна четверть занятий проводятся в интерактивной форме. Все виды занятий сопровождаются демонстрацией образцов различных материалов, используемых для изготовления электронных компонент, а также электронных приборов, имеющихся на кафедре. В течение семестра проводится одна экскурсия в производственные структуры и одна встреча с зам. главного инженера Тюменского филиала ОАО «Ростелеком». лекции с использованием мультимедийных презентаций; семинары, на которых обсуждаются основные проблемы, освещенные в лекциях и сформулированные в «Тематике семинарских занятий»; Целью семинарских занятий являются:

- более подробное ознакомление с отдельными разделами теоретического курса;
- обсуждение и закрепление лекционного материала;
- формирование навыков самостоятельной работы с учебной и научной литературой, включая труды выдающихся ученых.
- приобретение опыта публичных выступлений, оппонирования докладов, обсуждения получаемой информации письменные домашние задания в виде ведения тетради по семинарским занятиям и написания реферата;
- обсуждение подготовленных студентами докладов по написанным ими рефератам;
- консультации преподавателей;
- самостоятельная работа студентов, в которую входит освоение теоретического материала, подготовка к семинарским занятиям, написание реферата по выбранной теме.

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

### **12.1. Основная литература:**

1. Троян, П. Е. Твердотельная электроника [Электронный ресурс] : учебное пособие / П. Е. Троян. - Томск: Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 2006. - 330 с. - . Режим доступа: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=208664>. (13.04.2015).

2. Легостаев, Н. С. Твердотельная электроника [Электронный ресурс] : учебное пособие / Н. С. Легостаев, К. В. Четвергов. - Томск: Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 2012. - 244 с. Режим доступа: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=208951>. (13.04.2015).

### **12.2. Дополнительная литература:**

1. Толмачёв, В. В. Физические основы электроники [Электронный ресурс] : учебное пособие / В. В. Толмачёв, Ф. В. Скрипник. - Москва — Ижевск: Институт компьютерных исследований, 2011. - 496 с. Режим доступа: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=114976>. (13.04.2015).
2. Гуртов, В. А. Твердотельная электроника: учеб. пособие для студ. вузов, обуч. по напр. подгот. бак., маг. 010700 "Физика" и спец. 010701 "Физика"/ В. Гуртов. - 2-е изд., доп. - Москва: Техносфера, 2005. - 408 с.
3. Базовые лекции по электронике: сборник : в 2 т./ ред. В. М. Пролейко. - Москва: Техносфера. - ISBN 978-5-94836-213-7 Т. 2: Твердотельная электроника. - 2009. - 608 с.
4. Наумкина, Л. Г. Электротехника и электроника (раздел Электроника). Ч. 1. Полупроводниковые приборы и физические основы их работы [Электронный ресурс] : учебное пособие / Л. Г. Наумкина. - М.: Московский государственный горный университет, 2005. - 90 с. Режим доступа: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=83867>. (13.04.2015).
5. Зегря, Г. Г. Основы физики полупроводников [Электронный ресурс] / Г. Г. Зегря, В. И. Перель. - М.: Физматлит, 2009. - 336 с. Режим доступа: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=68394>. (13.04.2015).
6. Епифанов, Г. И.. Твердотельная электроника: учеб. для вузов по спец. "Радиофизика и электроника"/ Г. И. Епифанов, Ю. А. Мома. - Москва: Высшая школа, 1986. - 303 с.

### **12.3. Интернет-ресурсы:**

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

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

При чтении курса используются компьютерная обучающая программа «Electronics Workbench», компьютеры, программное обеспечение и интернет-ресурсы.

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

Лекционные аудитории оснащены мультимедийным оборудованием. Все виды занятий сопровождаются демонстрацией образцов различных материалов, используемых для изготовления электронных компонент, а также электронных приборов, имеющих на кафедре.

## **15. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля).**

Формирование у студентов способностей и умения самостоятельно добывать знания из различных источников, систематизировать полученную информацию и эффективно её использовать происходит в течение всего периода обучения через участие студентов в лекционных занятиях, причём самостоятельная работа студентов играет решающую роль в ходе всего учебного процесса.

Для понимания лекционного материала и качественного его усвоения студентам необходимо вести конспекты лекций. В течение лекции студент делает пометки по тем вопросам,

которые требуют уточнений и дополнений. Вопросы, которые преподаватель не отразил в лекции, студент должен изучать самостоятельно.

При подготовке к зачету у студента должен быть хороший учебник или конспект литературы, прочитанной по указанию преподавателя в течение семестра.

Вначале следует просмотреть весь материал по сдаваемой дисциплине, отметить для себя трудные вопросы. Обязательно в них разобраться. В заключение еще раз целесообразно повторить основные положения, используя при этом опорные конспекты лекций.

Систематическая подготовка к занятиям в течение семестра позволит использовать время экзаменационной сессии для систематизации знаний.

Если в процессе самостоятельной работы над изучением теоретического материала у студента возникают вопросы, разрешить которые самостоятельно не удастся, необходимо обратиться к преподавателю для получения у него разъяснений или указаний. В своих вопросах студент должен четко выразить, в чем он испытывает затруднения, характер этого затруднения. За консультацией следует обращаться и в случае, если возникнут сомнения в правильности ответов на вопросы самопроверки.

Дополнения и изменения к рабочей программе на 201\_\_ / 201\_\_ учебный год

**В рабочую программу вносятся следующие изменения:**

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

Рабочая программа пересмотрена и одобрена на заседании кафедры  
\_\_\_\_\_ «\_\_» \_\_\_\_\_ 201 г.

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_ /  
Подпись Ф.И.О.

ФГАОУ ВО «Тюменский государственный университет»

УТВЕРЖДЕНО  
Заместителем директора  
Физико-технического  
института  
Крековым С.А.  
РАЗРАБОТЧИК  
Драчук А.О.

ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ВЕЩЕСТВ  
Рабочая программа  
для обучающихся по направлению подготовки  
16.03.01 Техническая физика  
профиль подготовки  
Техническая физика в нефтегазовых технологиях  
форма обучения очная

## 1. Планируемые результаты освоения дисциплины

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

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

**Знания:** особенностей веществ и их смесей в жидком и газообразном состояниях, условий фазовых равновесий жидкость-пар и критических явлений в веществах.

**Умения:** подбирать для веществ расчетные соотношения с минимальной погрешностью расчета их теплофизических свойств, пользоваться справочниками с табличными экспериментальными данными по теплофизическим свойствам веществ; находить необходимые данные в научной литературе и сети Интернет.

**Навыки:** практических расчетов теплофизических свойств веществ.

## 2. Структура и трудоемкость дисциплины

Таблица 1

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

### 3. Содержание дисциплины

Таблица 2

№	Тематика учебных встреч	Виды аудиторной работы (в ак.час.)			Итого аудиторных ак.часов по теме
		Лекции	Практические занятия	Лабораторные / практические занятия по подгруппам	
1	2	3	4	5	6
1	Аналитические уравнения состояния веществ в газообразном состоянии	6	6	0	12
2	Термодинамический метод в теории теплофизических свойств веществ	6	6	0	12
3	Закон соответственных состояний и его применение для расчета теплофизических свойств веществ в газообразном и жидком состояниях	6	6	0	12
4	Явления переноса в веществах в газообразном и жидком состояниях	4	4	0	8
5	Равновесие фаз жидкость-пар и критические явления в однокомпонентных веществах и их смесях	6	6	0	12
6	Теплофизические свойства нефтей, газовых конденсатов и их фракций	4	4	0	8
	Итого (ак. часов)	32	32	0	64

### 4. Система оценивания

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

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

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

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

### **5.1. Литература:**

1. Семихина, Л. П. Теплофизические свойства реальных газов: учебное пособие / Л. П. Семихина; Тюм. гос. ун-т. — Тюмень: Изд-во ТюмГУ, 2008. — 160 с.
2. 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: 28.03.2022). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
3. Кирсанов, Ю. Г. Расчетные и графические методы определения свойств нефти и нефтепродуктов: учебное пособие / Ю. Г. Кирсанов. — Екатеринбург: Уральский федеральный университет, ЭБС АСВ, 2014. — 136 с. — ISBN 978-5-7996-1295-5. — Текст: электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART: [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/68467.html> (дата обращения: 28.03.2022). — Режим доступа: для авторизир. пользователей.

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

Необязательны при изучении дисциплины.

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

Электронно-библиотечная система IPR BOOKS. — <http://www.iprbookshop.ru>  
Лань: электронно-библиотечная система. — <https://e.lanbook.com>

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

MS Office, платформа для электронного обучения Microsoft Teams.

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

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

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

ФГАОУ ВО «Тюменский государственный университет»

УТВЕРЖДЕНО

Заместителем директора

Физико-технического института

Крековым С.А.

РАЗРАБОТЧИКИ

Гильманов А.Я., Шевелев А.П.

ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКАЯ ГИДРОМЕХАНИКА

Рабочая программа

для обучающихся по направлениям подготовки

03.03.02 Физика, для всех профилей направления подготовки;

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

## 1. Планируемые результаты освоения дисциплины

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

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

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

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

В результате изучения курса студент должен получить:

#### Знания:

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

#### Умения:

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

#### Навыки:

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

## 2. Структура и трудоемкость дисциплины

Таблица 1

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

\*в зависимости от выбора обучающимся реализуемой дисциплины

### 3. Содержание дисциплины

Таблица 2

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

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

\*в зависимости от выбора обучающимся реализуемой дисциплины

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

#### **4. Система оценивания.**

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

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

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

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

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

##### **5.1 Литература:**

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

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

Не используются.

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

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

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

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

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

MS Office, платформа для электронного обучения Microsoft Teams.

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

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

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

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

ФГАОУ ВО «Тюменский государственный университет»

УТВЕРЖДЕНО  
Заместителем директора  
Физико-технического института  
Крековым С.А.  
РАЗРАБОТЧИК  
Монтанари С.Г.

МИКРОПРОЦЕССОРЫ (ЧАСТЬ 1, 2, 3)  
Рабочая программа  
для обучающихся по направлениям подготовки  
16.03.01 Техническая физика, для всех профилей направления подготовки;  
форма обучения очная

## 1. Пояснительная записка

Современная электроника в большей степени является твердотельной, основой которой являются полупроводниковые материалы. Поэтому в данном курсе достаточно подробно рассматривается зонная теория твердого тела, изучаются физические свойства полупроводников, а также принципы работы наиболее распространенных элементов и устройств полупроводниковой электроники, таких как полупроводниковые диоды, биполярные и полевые транзисторы, тиристоры, светодиоды, полупроводниковые лазеры, приборы с зарядовой связью и т. д. Указанные виды элементов входят в состав аналоговых и цифровых электронных приборов, использующихся при передаче, приеме, а также при обработке информации.

### 1.1. Цели и задачи дисциплины

Целью преподавания дисциплины «Микропроцессоры» является изучение физики полупроводников, а также физических основ работы полупроводниковых элементов и устройств, достаточное для понимания, изготовления и анализа работы функциональных узлов радиоэлектронной аппаратуры.

Задачами изучения дисциплины являются формирование теоретических представлений о физических процессах, лежащих в основе работы полупроводниковых активных и пассивных элементов электронной техники, с помощью которых осуществляется прием, передача, обработка, преобразование и хранение информации, представленной в виде электрических сигналов различной формы, приобретение навыков работы с основными элементами полупроводниковой схемотехники, экспериментального определения их основных параметров и характеристик.

### 1.2. Место дисциплины в структуре ОП бакалавриата.

Содержание курса «Микропроцессоры» базируется на знаниях, приобретённых при изучении следующих дисциплин: разделов «Электричество и магнетизм», «Атомная и ядерная физика» курса общей физики, разделов «Электродинамика», «Квантовая механика», «Термодинамика и статистическая физика» теоретической физики. Математической основой курса являются разделы «Математический анализ», «Дифференциальные уравнения», «Теория вероятностей и математическая статистика» математики.

### Разделы дисциплины и междисциплинарные связи с обеспечиваемыми (последующими) дисциплинами

Таблица 1.

№ п/п	Наименование обеспечиваемых (последующих) дисциплин	Темы дисциплины, необходимые для изучения обеспечиваемых (последующих) дисциплин								
		2.3	3.1	3.2	3.4	3.5	3.6	3.7	3.8	...
1.	Квантовая радиофизика	+		+	+	+	+	+		
2.	Практикум по квантовой радиофизике					+	+	+		
3.	Практикум по СВЧ		+	+	+				+	
4.	Методы модуляции и приема электромагнитных излучений					+	+	+		

### 1.3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения данной образовательной программы:

В результате освоения ОП бакалавриата выпускник должен обладать следующими компетенциями:

**общекультурные:**

ОПК-1 способностью к овладению базовыми знаниями в области математики и естественных наук, их использованию в профессиональной деятельности;

ОПК-4 способностью понимать сущность и значение информации в развитии современного общества, сознавать опасности и угрозы, возникающие в этом процессе, соблюдать основные требования информационной безопасности, в том числе защиты государственной тайны;

**профессиональные:**

научно-исследовательская деятельность:

ПК- 1 способностью к определению общих форм и закономерностей отдельной предметной области .

**1.4. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю):**

В результате освоения дисциплины обучающийся должен:

**Знать:**

- физику полупроводников, их характеристики и параметры;
- свойства и назначение элементной базы радиоэлектронной аппаратуры;
- методы анализа и синтеза электронных схем;
- физические и информационные характеристики электрических сигналов, методы их преобразования с помощью линейных и нелинейных электрических цепей;
- принципы построения узлов и блоков аналоговой и цифровой радиоэлектроники;
- методы работы с измерительной аппаратурой.

**Уметь:**

- представлять физику работы различных полупроводниковых элементов и устройств;
- читать и анализировать принципиальные электрические схемы различных приборов;
- рассчитывать параметры электронных схем и подбирать соответствующие этим параметрам элементы;
- выполнять электрические измерения, экспериментально определять параметры и характеристики различных элементов электронных устройств;
- использовать справочную литературу и прикладное программное обеспечение при расчете и синтезе электронных схем.

**Владеть:**

- приемами и навыками решения конкретных задач из разных областей полупроводниковой электроники, помогающих в дальнейшем решать инженерные задачи, основами знаний в области разработки и анализа электронных схем, создания различных практических устройств для научных исследований и инженерной практики.

**2. Структура и трудоемкость дисциплины**

Семестр 7. Форма промежуточной аттестации – экзамен. Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетные единицы, 144 академических часа, из них 76,65 часа, выделенных на контактную работу с преподавателем (в т.ч. иные виды работы (контактной) 4,65 ч.), 67,4 ч., выделенных на самостоятельную работу.

**3. Тематический план дисциплины**

**Таблица 2.**

№	Тема	недели семестра	Виды учебной работы и самостоятельная работа, в час.				Итого часов по теме	Из них в интерактивной форме	Итого количество баллов
			Лекции	Семинар. (практ)	Лабораторные занятия	Самостоятельная работа*			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	<b>Модуль 1</b>	1-5							
1.1	Введение. Элементы зонной теории твердого тела.		2	4		4	8	2	0-5
1.2	Собственные и примесные полупроводники.		4	4		12	14	2	0-5
1.3	Равновесная и неравновесная концентрации носителей заряда.		4	2		8	10	1	0-5
	<b>Всего</b>		10	10		24	32	5	<b>0-15</b>
	<b>Модуль 2</b>	6-12							
2.1	Электронно-дырочный переход.		4	4		8	12	2	0-5
2.2	Контакт металл-полупроводник. Диоды Шоттки.		2	2		4	6	1	0-5
2.3	Гетеропереходы. Односторонняя и суперинжекция.		2	2		6	7	1	0-5
2.4	Полупроводниковые диоды.		2	2		4	6	1	0-5
2.5	Туннельные диоды.		1	1		2	3		0-5
	<b>Всего</b>		11	11		24	34	5	<b>0-25</b>
	<b>Модуль 3</b>	13-18							
3.1	Биполярные транзисторы.		2	2		4	6	1	0-5
3.2	Полевые транзисторы.		2	3		4	7	2	0-5
3.3	Тиристоры.		1	1			2		0-5
3.4	Полупроводниковые СВЧ приборы.		2	1		2	4	1	0-5
3.5	Светоизлучающие диоды.		2	1		2	4		0-10
3.6	Полупроводниковые лазеры.		2	3		4	7	2	0-10
3.7	Полупроводниковые фотоприемники.		3	2		6	8	1	0-10

3.8	Интегральные микросхемы.		1	2		2	4	1	0-10
	<b>Всего</b>		15	15		24	42	8	<b>0-60</b>
	<b>Итого (часов, баллов):</b>		36	36		72	144		<b>0-100</b>
	<b>Из них в интерактивной форме</b>		5	13				18	

\*Самостоятельная работа (включая иные виды контактной работы).

#### 4. Виды и формы оценочных средств в период текущего контроля

Таблица 3.

№ темы	Устный опрос		Письменные работы					Итого количество баллов
	коллоквиумы	ответ на семинаре	отчет по заданиям самост. ра-	контрольная работа	тест	реферат	прочие	
<b>Модуль 1</b>								
1.1. Введение. Элементы зонной теории твердого тела	0-1	0-1				0-3		0-5
1.2. Собственные и примесные полупроводники.	0-1	0-1		0-2	0-1			0-5
1.3. Равновесная и неравновесная концентрации носителей заряда.	0-1	0-1		0-2	0-1			0-5
<b>Всего</b>								<b>0-15</b>
<b>Модуль 2</b>								
2.1. Электронно-дырочный переход.	0-1	0-1	0-1	0-2				0-5
2.2. Контакт металл-полупроводник. Диоды Шоттки.		0-1		0-2		0-2		0-5
2.3. Гетеропереходы. Односторонняя и суперинжекция.			0-1	0-2	0-1	0-1		0-5
2.4. Полупроводниковые диоды.		0-1	0-4					0-5
2.5. Туннельные диоды.		0-1	0-4					0-5
<b>Всего</b>								<b>0-25</b>
<b>Модуль 3</b>								
3.1. Биполярные транзисторы.	0-1	0-1		0-2	0-1			0-5
3.2. Полевые транзисторы.			0-1	0-2		0-2		0-5
3.3. Тиристоры.	0-1		0-1	0-1		0-2		0-5
3.4. Полупроводниковые СВЧ приборы.		0-1	0-2			0-2		0-5
3.5. Светоизлучающие диоды	0-2		0-4			0-4		0-10
3.6. Полупроводниковые лазеры.		0-2		0-4	0-4			0-10

3.7. Полупроводниковые фотоприемники.	0-2		0-4			0-4		0-10
3.8. Интегральные микросхемы.		0-2		0-4	0-4			0-10
<b>Всего</b>								<b>0-60</b>
<b>Итого</b>								<b>0 – 100</b>

## 5. Содержание дисциплины.

### Модуль 1.

#### Тема 1.1. Введение. Элементы зонной теории твердого тела

Краткие сведения из истории развития электроники. Место дисциплины в профессиональной подготовке бакалавра радиофизики. Задачи дисциплины и связь ее с другими общепрофессиональными и специальными дисциплинами. Элементы зонной теории твердого тела, кристаллическая решетка, типы связей, дефекты решетки.

#### Тема 1.2. Собственные и примесные полупроводники.

Собственные полупроводники (Свойства Si, Ge и GaAs при 300K). Примесные полупроводники; зонные диаграммы; генерация и рекомбинация носителей заряда; распределение Ферми- Дирака для носителей заряда; расчет концентраций электронов и дырок в соответствующих зонах.

#### Тема 1.3 Равновесная и неравновесная концентрации носителей заряда

Равновесная и неравновесная концентрации носителей заряда, Влияние поверхностных состояний и внешнего электрического поля на электропроводность полупроводников.

### Модуль 2

#### Тема 2.1. Электронно–дырочный переход (p-n переход).

Диффузионные и дрейфовые токи в полупроводниках и переходе. Классификация переходов. Природа контактной разности потенциалов, работа выхода, зонная диаграмма электронно–дырочного перехода, равновесное состояние p-n перехода, математическая модель идеализированного электронно-дырочного перехода, физические явления (туннельный эффект, ударная ионизация и др.), вызывающие отклонения от идеализированной модели.

Неравновесное состояние p- n перехода и его статическая вольт-амперная характеристика. Формула Шоттки. Динамические свойства p- n перехода. Инерционные свойства, барьерная и диффузионная емкости p- n перехода.

#### Тема 2.2. Контакт металл – полупроводник.

Барьер Шоттки. Диоды Шоттки. Инерционные свойства перехода.

#### Тема 2.3. Гетеропереходы.

Физические процессы в контактах полупроводников с различной шириной запрещенной зоны (гетеропереходы). Энергетическая диаграмма гетероперехода. Односторонняя инжекция. Суперинжекция. Примеры применения гетеропереходов. Краткий обзор работ нобелевского лауреата по физике Ж. И. Алферава по гетеропереходам. Особенности квантово – размерных структур.

#### Тема 2.4. Полупроводниковые диоды.

Вольт – амперная характеристика (ВАХ) полупроводникового диода. Инжекция носителей. Тепловой и электрический пробой диода. Выпрямительные диоды. Стабилитроны.

Физические причины инерционных процессов в реальных диодах. Импульсные диоды.

Области применения полупроводниковых диодов.

#### Тема 2.5. Туннельные диоды.

Вырожденные и невырожденные полупроводники. Распределение Ферми- Дирака для вырожденных полупроводников. Принцип работы туннельного диода. Прямая и обратная ветви вольт-амперной характеристики диода. Параметры и характеристики туннельного диода. Применения туннельного диода.

## **Модуль 3**

### **Тема 3.1. Биполярные транзисторы.**

Структура и принцип действия биполярных транзисторов. Их назначение и использование в электронных схемах. Режимы работы транзисторов: активный, насыщения, отсечки. Схемы включения транзисторов. Входные и выходные характеристики. Система  $h$  – параметров биполярного транзистора. Параметры транзисторов при различных схемах включения. Схемы замещения. Динамические характеристики. Составной транзистор (схема Дарлингтона).

### **Тема 3.2. Полевые транзисторы.**

Принцип работы и классификация полевых транзисторов. Полевой транзистор с управляющим р-п переходом. Выходные и сток – затворные характеристики полевых транзисторов. МДП и МОП – транзисторы: Транзисторы с встроенным и с индуцированным каналами. Переключатели и элементы памяти на основе МДМ и МДП-структур. Приборы с зарядовой связью (ПЗС-линейки): анализ ПЗС с трехтактным и двухтактным питанием, фоточувствительные приборы. Флэш- память.

### **Тема 3.3. Тиристоры.**

Классификация тиристоров по структуре, числу выводов и способу управления. Условные обозначения. Принцип работы и ВАХ динистора. Тиристоры с управлением по катоду и по аноду. Двухтранзисторная модель тиристора. Применения тиристоров.

### **Тема 3.4. Полупроводниковые СВЧ приборы**

Эффект Ганна и генератор Ганна: энергетический спектр полупроводника, параметры GaAs, долинная структура зоны проводимости GaAs, подвижность носителей тока, время релаксации объемного заряда, механизм междолинного перехода, вольтамперная характеристика диода Ганна, домен сильного поля. Ганновская мода. Режим ОНОЗ. Гибридный режим. Генераторы и усилители на лавинно-пролетных диодах. Туннельные диоды Есаки и их применение. Полевые транзисторы с затвором в виде диодов Шоттки. Биполярные СВЧ транзисторы. Pin- диоды как управляющие элементы в устройствах СВЧ диапазона.

### **Тема 3.5. Светодиодающие диоды.**

Фотоэлектрические явления в полупроводниках и переходах, фотопроводимость и фотогоальванический эффект. Некогерентная и когерентная оптоэлектроника. Инжекционные светодиоды: принцип действия, параметры и основные характеристики.

### **Тема 3.6. Полупроводниковые лазеры.**

Полупроводниковые лазеры: населенность и инверсия населенности, порог генерации лазера, параметры и режимы работы, инжекционные лазеры, лазеры на гетеропереходах.

### **Тема 3.7. Полупроводниковые фотоприемники.**

Фотоприемники: внутренний фотоэффект, фото ЭДС. Параметры и характеристики фоторезисторов, фотодиодов, фототранзисторов и фототиристоров. Оптроны: характеристики, параметры, применение.

### **Тема 3.8. Интегральные микросхемы.**

Классификация интегральных микросхем (ИМС). Технологические основы ИМС: пленочные, гибридные, большие (БИС) и сверхбольшие (СБИС) микросхемы. Микросборки.

## **6. Планы семинарских занятий**

### **Семинар №1.**

Краткие сведения из истории развития электроники. Место дисциплины в профессиональной подготовке бакалавра радиофизики. Задачи дисциплины и связь ее с другими общепрофессиональными и специальными дисциплинами. Элементы зонной теории твердого тела, кристаллическая решетка, типы связей, дефекты решетки.

### **Семинар №2.**

Собственные полупроводники (Свойства Si, Ge и GaAs при 300К). Примесные полупроводники; зонные диаграммы; генерация и рекомбинация носителей заряда; распределение

Ферми- Дирака для носителей заряда; расчет концентраций электронов и дырок в соответствующих зонах

### **Семинар №3.**

Равновесная и неравновесная концентрации носителей заряда, Влияние поверхностных состояний и внешнего электрического поля на электропроводность полупроводников.

### **Семинар №4.**

Равновесная и неравновесная концентрации носителей заряда, Влияние поверхностных состояний и внешнего электрического поля на электропроводность полупроводников. Диффузионные и дрейфовые токи в полупроводниках и переходе. Классификация переходов. Природа контактной разности потенциалов, работа выхода, зонная диаграмма электронно-дырочного перехода.

### **Семинар №5.**

Физические явления (туннельный эффект, ударная ионизация и др.), вызывающие отклонения от идеализированной модели электронно-дырочного перехода.

Неравновесное состояние p- n перехода и его статическая вольт-амперная характеристика. Формула Шоттки. Динамические и инерционные свойства p- n перехода. Барьерная и диффузионная емкости p- n перехода.

### **Семинар №6.**

Барьерная и диффузионная емкости p- n перехода.

Барьер Шоттки. Диоды Шоттки. Инерционные свойства перехода металл- полупроводник.

### **Семинар №7.**

Физические процессы в контактах полупроводников с различной шириной запрещенной зоны (гетеропереходы). Энергетическая диаграмма гетероперехода. Односторонняя инжекция. Суперинжекция. Примеры применения гетеропереходов. Краткий обзор работ нобелевского лауреата по физике Ж. И. Алферова по гетеропереходам. Особенности квантово – размерных структур.

### **Семинар №8.**

Вольт – амперная характеристика (ВАХ) полупроводникового диода. Инжекция носителей. Тепловой и электрический пробой диода. Выпрямительные диоды. Стабилитроны. Физические причины инерционных процессов в реальных диодах. Импульсные диоды. Области применения полупроводниковых диодов.

### **Семинар №9.**

Вырожденные и невырожденные полупроводники. Распределение Ферми- Дирака для вырожденных полупроводников. Принцип работы туннельного диода. Прямая и обратная ветви вольт-амперной характеристики диода. Параметры и характеристики туннельного диода. Применения туннельного диода.

### **Семинар №10.**

Структура и принцип действия биполярных транзисторов. Их назначение и использование в электронных схемах. Режимы работы транзисторов: активный, насыщения, отсечки. Схемы включения транзисторов. Входные и выходные характеристики. Система  $h$  – параметров биполярного транзистора. Параметры транзисторов при различных схемах включения. Схемы замещения. Динамические характеристики. Составной транзистор (схема Дарлингтона).

### **Семинар №11.**

Принцип работы и классификация полевых транзисторов. Полевой транзистор с управляющим p-n переходом. Выходные и сток – затворные характеристики полевых транзисторов. МДП и МОП – транзисторы: Транзисторы с встроенным и с индуцированным каналами. Переключатели и элементы памяти на основе МДМ и МДП-структур. Приборы с зарядовой связью (ПЗС-линейки): анализ ПЗС с трехтактным и двухтактным питанием, фоточувствительные приборы. Флэш- память.

### **Семинар №12.**

Классификация тиристоров по структуре, числу выводов и способу управления. Условные обозначения. Принцип работы и ВАХ диностора. Тиристоры с управлением по катоду и по аноду. Двухтранзисторная модель тиристора. Применения тиристоров.

#### **Семинар №13.**

Эффект Ганна и генератор Ганна: энергетический спектр полупроводника, параметры GaAs, долинная структура зоны проводимости GaAs, подвижность носителей тока, время релаксации объемного заряда, механизм междолинного перехода, вольтамперная характеристика диода Ганна, домен сильного поля. Ганновская мода. Режим ОНОЗ. Гибридный режим. Генераторы и усилители на лавинно-пролетных диодах. Туннельные диоды Есаки и их применение. Полевые транзисторы с затвором в виде диодов Шоттки. Биполярные СВЧ транзисторы. Pin-диоды как управляющие элементы в устройствах СВЧ диапазона.

#### **Семинар №14.**

Фотоэлектрические явления в полупроводниках и переходах, фотопроводимость и фотогальванический эффект. Некогерентная и когерентная оптоэлектроника. Инжекционные светодиоды: принцип действия, параметры и основные характеристики.

#### **Семинар №15.**

Полупроводниковые лазеры: населенность и инверсия населенности, порог генерации лазера, параметры и режимы работы, инжекционные лазеры, лазеры на гетеропереходах.

#### **Семинар №16.**

Фотоприемники: внутренний фотоэффект, фото ЭДС. Параметры и характеристики фоторезисторов, фотодиодов, фототранзисторов и фототиристоров. Оптроны: характеристики, параметры, применение.

**Семинар №17.** Классификация интегральных микросхем (ИМС). Технологические основы ИМС: пленочные, гибридные, большие (БИС) и сверхбольшие (СБИС) микросхемы. Микросборки.

#### **7. Лабораторный практикум.**

Лабораторный практикум в соответствии с учебным планом ОП вынесен в отдельную дисциплину.

#### **8. Примерная тематика курсовых работ.**

Учебным планом ОП курсовые работы не предусмотрены.

#### **9. Учебно-методическое обеспечение и планирование самостоятельной работы студентов.**

**Таблица 4**

№	Модули и темы	Виды СРС		Неделя семестра	Объем часов*	Кол-во баллов
		обязательные	дополнительные			
<i>Модуль 1</i>		работа с литературой, источниками, работа с лекционным материалом.		1-5		
1.1	Введение. Элементы зонной теории твердого тела	работа с литературой, источниками, работа с лекционным материалом.				
1.2	Собственные и примесные полупроводники.	Построение функций Ферми-Дирака и оценка равновесной концентрации электронов в различных полупроводниках			4	0-2
1.3	Равновесная и неравновесная концентрации носителей заряда.	Рефераты: Параметры кремния, германия и арсенида галлия, работа с лекционным материалом.			4	0-2

	<b>Всего по модулю 1:</b>			<b>8</b>	<b>0-4</b>
<b>Модуль 2</b>		работа с литературой, источниками, работа с лекционным материалом.		6-12	
2.1	. Электронно-дырочный переход.	Виды электронно-дырочных переходов		8	0-4
2.2	. Контакт металл-полупроводник. Диоды Шоттки.	Причины низкой инерционности диодов Шоттки		4	
2.3	Гетеропереходы. Односторонняя и суперинжекция.	Применения гетеропереходов в транзисторной и оптической электронике		4	0-2
2.4	Полупроводниковые диоды.	Рефераты: «Выпрямительные и импульсные диоды»		4	0-2
2.5	Туннельные диоды.	Применения туннельных диодов в качестве активных элементов генераторов и триггеров		4	0-2
	<b>Всего по модулю 2:</b>			<b>24</b>	<b>0-10</b>
<b>Модуль 3</b>		работа с литературой, источниками, работа с лекционным материалом.		13-18	
3.1	Биполярные транзисторы	Схемы включения транзисторов; основные режимы работы биполярных транзисторов		8	0-4
3.2	Полевые транзисторы	Транзисторы с индуцированным и встроенным каналами; флэш память, ПЗС-линейки.		8	
3.3.	Тиристоры.				
3.4.	Полупроводниковые СВЧ приборы.				
3.5.	Светоизлучающие диоды	Основные параметры светодиодов, области их применения.		4	
3.6.	Полупроводниковые лазеры.	Полупроводниковые лазеры на электронно-дырочных переходах; преимущества лазеров на гетеропереходах.		8	0-2
3.7.	Полупроводниковые фотоприемники	Фоторезисторы, фотодиоды, фототранзисторы и их основные свойства.		8	0-2
3.8.	Интегральные микросхемы.	Типы интегральных схем; сборка и испытание высокочастотного усилителя.		4	
	<b>Всего по модулю 3:</b>			<b>40</b>	<b>0-8</b>
	<b>ИТОГО:</b>			<b>72</b>	<b>0-22</b>

\*Самостоятельная работа (включая иные виды контактной работы).

## 10. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины (модуля).

10.1. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующей этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы.

Примеры контрольных заданий:

1. Основные характеристики и параметры твердых веществ, использующихся в современной электронике.
2. Рассчитать и построить распределения Ферми- Дирака для акцепторных и донорных полупроводников при температуре 280 К и концентрации примесей  $10^{16} \text{ см}^{-3}$ .
3. Рассчитать и построить графики зависимостей заряженных частиц, потенциала и напряженности электрического поля в от координаты  $x$ , вдоль которой расположены слои электронно- дырочного перехода.
4. Доказать, что если в момент времени  $t'$  в полупроводник введено некоторое количество дырок, то доля дырок, которые к моменту  $t$  окажутся не связанными, равна  $\exp(t' - t)\tau_p$ , если вероятность рекомбинации введенной дырки за время  $dt$  равна  $dt/\tau_p$ .
5. Показать, что при установлении теплового равновесия в полупроводнике, выполняется соотношение  $np = n_i^2$ .
6. Рассчитать положение уровня Ферми для собственного полупроводника при 0 и 293 К, предполагая, что: 1) эффективные массы электронов и дырок одинаковы; 2) отношение масс электронов и дырок равно 0,67.
7. Вычислить энергию уровня Ферми при 300 К для кристалла германия, содержащего  $5 \cdot 10^{23}$  атомов мышьяка в  $1 \text{ м}^3$ .
8. Доказать, что в металлах ввод примесей порядка 10% и более сравнительно мало меняет электрическое сопротивление, тогда как в полупроводниках ввод примеси 0,01% изменяет сопротивление в  $10^6$  раз.
9. Найти концентрацию сурьмы в 100 г слитка германия с содержанием сурьмы в нем  $3,22 \cdot 10^{-6}$  г.
10. Вычислить электронный ток насыщения  $I_{ns}$  для германиевого  $p - n$  перехода, если площадь контакта равна  $0,5 \text{ см}^2$ , диффузионная длина для электронов на  $p$ - стороне равна  $10^{-4} \text{ м}$ , проводимость материала  $p$ -типа составляет  $2000 \text{ ом}^{-1}$  на метр при температуре 300 К.
11. Вычислить контактную разность потенциалов для  $p$ - $n$  перехода, составленного из германия, легированного фосфором и алюминием при температуре 300 К ; (фосфора-  $10^{15} \text{ 1/см}^3$ , алюминия-  $10^{17} \text{ 1/см}^3$ ).
12. Вычислить КПД светодиода из кремния, работающего при комнатной температуре.
13. Рассчитать основные характеристики фотодиода.

#### Примерные темы рефератов:

1. Зонная диаграмма арсенида галлия.
2. Частотные характеристики диодов Шоттки.
3. Применение суперинжекции в гетеропереходах.
4. Использование технологии полевых транзисторов для создания ПЗС линеек, флэш-памяти и т. д.
5. Маломощные высокочастотные тиристоры.
6. Диоды Ганна и туннельные диоды.
7. Светодиодная энергетика.
8. Достоинства и недостатки полупроводниковых фотоприемников по сравнению с вакуумными фотоприемниками.
9. Зонная теория полупроводников.
10. Параметры и свойства наиболее распространенных полупроводников.
11. Распределение Ферми- Дирака.
12. Электронно-дырочный переход и его основные свойства.
13. Виды полупроводниковых диодов.
14. Частотные свойства полупроводниковых диодов.
15. Биполярные транзисторы.

16. Полевые транзисторы.
17. Частотные свойства полевых транзисторов.
18. Частотные свойства тиристоров.
19. Работы Нобелевского лауреата 2001 г Ж. И. Алферова в области гетеропереходов.
20. Односторонняя и суперинжекция в гетеропереходах.
21. Простейшие схемы транзисторной электроники.
22. Полупроводниковые лазеры.
23. Светодиоды.
24. Фотопроводимость. Фоторезисторы.
25. Фотодиоды, фототранзисторы, фототиристоры и другие фотоприборы на переходах.
26. ПЗС- линейки.

## **10.2. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности характеризующих этапы формирования компетенций.**

Согласно «Положению о рейтинговой системе оценки успеваемости студентов Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Тюменский государственный университет» (приложение 1 к приказу ректора № 190 от 04.04.2014г.) всех формы текущего контроля, предусмотренные рабочей программой, оцениваются в баллах. Дисциплинарные модули, формы текущего контроля и шкала баллов, по которым они оцениваются, отражены в разделе «Тематический план».

Студенты, набравшие по дисциплине в период проведения текущего контроля от 35 до 60 баллов допускаются к экзамену. Если в период проведения текущей аттестации студент набрал 61 балл и более, то он автоматически получает экзаменационную оценку в соответствии со шкалой перевода, но в то же время он имеет право повысить оценку, полученную по итогам рейтинга (удовлетворительно, хорошо), путем сдачи экзамена.

Шкала перевода баллов в оценки:

- 60 баллов и менее – «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.

Студенты, набравшие по дисциплине менее 35 баллов к экзамену не допускаются. Необходимое количество баллов (до 35) для получения допуска к экзамену, студенты набирают после третьей контрольной недели.

### **Примерный перечень вопросов для экзамена.**

1. Классификация веществ по электрическим свойствам.
2. Проводники, диэлектрики, полупроводники.
3. Зонная теория твердого тела.
4. Условия возникновения свободных носителей тока в собственных полупроводниках.
5. Понятие уровня Ферми.
6. Примесные полупроводники.
7. Основные и неосновные носители тока.
8. Концентрация носителей тока.
9. Образование электронно-дырочного перехода.
10. Инжекция носителей тока через переход.
11. Толщина и емкость запирающего слоя p-n перехода.
12. Распределение Ферми.

13. Уравнение вольт-амперной характеристики р-п перехода.
14. Контактная разность потенциалов.
15. Ширина электронно-дырочного перехода.
16. Контакт металл-полупроводник.
17. Диоды Шоттки.
18. Закономерности протекания тока в базе диода.
19. Диффузионные и дрейфовые токи.
20. Физические причины инерционности р-п структуры.
21. Плоскостные и точечные диоды и их применение.
22. Туннельные диоды и их применение.
23. Лавинно-пролетные диоды и их применение.
24. Принцип действия биполярных транзисторов
25. Характеристики биполярного транзистора в схеме с об., оэ, ок
26. Входные и выходные статические характеристики транзистора для различных схем включения.
27. Различные состояния биполярного транзистора.
28. Режим работы транзистора по постоянному току
29. Н-параметры биполярных транзисторов.
30. Схема Дарлингтона.
31. Принцип работы полевых транзисторов с управляемым р-п переходом.
32. Основные характеристики и параметры полевых транзисторов.
33. Моп транзисторы со встроенным и индуцированным каналами.

## 11. Образовательные технологии

Три четверти занятий проводятся в активной форме, одна четверть занятий проводятся в интерактивной форме. Все виды занятий сопровождаются демонстрацией образцов различных материалов, используемых для изготовления электронных компонент, а также электронных приборов, имеющихся на кафедре. В течение семестра проводится одна экскурсия в производственные структуры и одна встреча с зам. главного инженера Тюменского филиала ОАО «Ростелеком». лекции с использованием мультимедийных презентаций; семинары, на которых обсуждаются основные проблемы, освещенные в лекциях и сформулированные в «Тематике семинарских занятий»; Целью семинарских занятий являются:

- более подробное ознакомление с отдельными разделами теоретического курса;
- обсуждение и закрепление лекционного материала;
- формирование навыков самостоятельной работы с учебной и научной литературой, включая труды выдающихся ученых.
- приобретение опыта публичных выступлений, оппонирования докладов, обсуждения получаемой информации письменные домашние задания в виде ведения тетради по семинарским занятиям и написания реферата;
- обсуждение подготовленных студентами докладов по написанным ими рефератам;
- консультации преподавателей;
- самостоятельная работа студентов, в которую входит освоение теоретического материала, подготовка к семинарским занятиям, написание реферата по выбранной теме.

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

### 12.1. Основная литература:

1. Троян, П. Е. Твердотельная электроника [Электронный ресурс] : учебное пособие / П. Е. Троян. - Томск: Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 2006. - 330 с. - . Режим доступа: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=208664>. (13.04.2015).

2. Легостаев, Н. С. Твердотельная электроника [Электронный ресурс] : учебное пособие / Н. С. Легостаев, К. В. Четвергов. - Томск: Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 2012. - 244 с. Режим доступа: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=208951>. (13.04.2015).

#### **12.2. Дополнительная литература:**

1. Толмачёв, В. В. Физические основы электроники [Электронный ресурс] : учебное пособие / В. В. Толмачёв, Ф. В. Скрипник. - Москва — Ижевск: Институт компьютерных исследований, 2011. - 496 с. Режим доступа: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=114976>. (13.04.2015).
2. Гуртов, В. А. Твердотельная электроника: учеб. пособие для студ. вузов, обуч. по напр. подгот. бак., маг. 010700 "Физика" и спец. 010701 "Физика"/ В. Гуртов. - 2-е изд., доп. - Москва: Техносфера, 2005. - 408 с.
3. Базовые лекции по электронике: сборник : в 2 т./ ред. В. М. Пролейко. - Москва: Техносфера. - ISBN 978-5-94836-213-7 Т. 2: Твердотельная электроника. - 2009. - 608 с.
4. Наумкина, Л. Г. Электротехника и электроника (раздел Электроника). Ч. 1. Полупроводниковые приборы и физические основы их работы [Электронный ресурс] : учебное пособие / Л. Г. Наумкина. - М.: Московский государственный горный университет, 2005. - 90 с. Режим доступа: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=83867>. (13.04.2015).
5. Зегря, Г. Г. Основы физики полупроводников [Электронный ресурс] / Г. Г. Зегря, В. И. Перель. - М.: Физматлит, 2009. - 336 с. Режим доступа: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=68394>. (13.04.2015).
6. Епифанов, Г. И.. Твердотельная электроника: учеб. для вузов по спец. "Радиофизика и электроника"/ Г. И. Епифанов, Ю. А. Мома. - Москва: Высшая школа, 1986. - 303 с.

#### **12.3. Интернет-ресурсы:**

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

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

При чтении курса используются компьютерная обучающая программа «Electronics Workbench», компьютеры, программное обеспечение и интернет-ресурсы.

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

Лекционные аудитории оснащены мультимедийным оборудованием. Все виды занятий сопровождаются демонстрацией образцов различных материалов, использующихся для изготовления электронных компонент, а также электронных приборов, имеющих на кафедре.

### **15. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля).**

Формирование у студентов способностей и умения самостоятельно добывать знания из различных источников, систематизировать полученную информацию и эффективно её использовать происходит в течение всего периода обучения через участие студентов в лекционных занятиях, причём самостоятельная работа студентов играет решающую роль в ходе всего учебного процесса.

Для понимания лекционного материала и качественного его усвоения студентам необходимо вести конспекты лекций. В течение лекции студент делает пометки по тем вопросам,

которые требуют уточнений и дополнений. Вопросы, которые преподаватель не отразил в лекции, студент должен изучать самостоятельно.

При подготовке к зачету у студента должен быть хороший учебник или конспект литературы, прочитанной по указанию преподавателя в течение семестра.

Вначале следует просмотреть весь материал по сдаваемой дисциплине, отметить для себя трудные вопросы. Обязательно в них разобраться. В заключение еще раз целесообразно повторить основные положения, используя при этом опорные конспекты лекций.

Систематическая подготовка к занятиям в течение семестра позволит использовать время экзаменационной сессии для систематизации знаний.

Если в процессе самостоятельной работы над изучением теоретического материала у студента возникают вопросы, разрешить которые самостоятельно не удастся, необходимо обратиться к преподавателю для получения у него разъяснений или указаний. В своих вопросах студент должен четко выразить, в чем он испытывает затруднения, характер этого затруднения. За консультацией следует обращаться и в случае, если возникнут сомнения в правильности ответов на вопросы самопроверки.

Дополнения и изменения к рабочей программе на 201\_\_ / 201\_\_ учебный год

**В рабочую программу вносятся следующие изменения:**

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

Рабочая программа пересмотрена и одобрена на заседании кафедры  
\_\_\_\_\_ «\_\_» \_\_\_\_\_ 201 г.

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_ /  
Подпись Ф.И.О.

ФГАОУ ВО «Тюменский государственный университет»

УТВЕРЖДЕНО

Заместителем директора

Физико-технического института

Крековым С.А.

РАЗРАБОТЧИК

Шастунова У.Ю.

СВОЙСТВА ТЕПЛООБМЕННЫХ СРЕД

Рабочая программа

для обучающихся по направлению подготовки

16.03.01 Техническая физика

профиль подготовки

Техническая физика в нефтегазовых технологиях

форма обучения очная

## 1. Планируемые результаты освоения дисциплины

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

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

**Знания:** особенности веществ и их смесей в жидком и газообразном состояниях, условия фазовых равновесий жидкость-пар и критических явлений в веществах, особенности расчета теплофизических свойств мерзлого грунта.

**Умения:** подбирать для веществ расчетные соотношения с минимальной погрешностью расчета их теплофизических свойств, пользоваться справочниками с табличными экспериментальными данными по теплофизическим свойствам веществ, находить необходимые данные в научной литературе и сети Интернет.

**Навыки:** практические навыки расчета свойств теплообменных сред.

## 2. Структура и трудоемкость дисциплины

Таблица 1

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

## 3. Содержание дисциплины

Таблица 2

№	Тематика учебных встреч	Виды аудиторной работы (в ак.час.)			Итого аудиторных ак. часов по теме
		Лекции	Практические занятия	Лабораторные / практические занятия по подгруппам	
1	2	3	4	5	6
1	Мерзлый грунт. Классификация. Особенности расчета	4	4	0	8
2	Аналитические уравнения состояния веществ в газообразном состоянии	6	6	0	12
3	Термодинамический метод в теории теплофизических свойств веществ	4	4	0	8
4	Закон соответственных состояний и его применение для расчета теплофизических свойств веществ в газообразном и жидком состояниях	4	4	0	8
5	Явления переноса в веществах в газообразном и жидком состояниях	4	4	0	8
6	Равновесие фаз жидкость-пар и критические явления в однокомпонентных веществах и их смесях. Теплофизические свойства веществ в газоконденсатном состоянии	6	6	0	12
7	Теплофизические свойства нефтей, газовых конденсатов и их фракций	4	4	0	8
	Итого (ак. часов)	32	32	0	64

## 4. Система оценивания

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

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

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

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

### **5.1 Литература:**

1. 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: 11.11.2022). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
2. Моргунов, К. П. Механика жидкости и газа: учебное пособие. — 2-е изд., испр. и доп. — Санкт-Петербург: Лань, 2018. — 208 с. — ISBN 978-5-8114-3278-3. — Текст: электронный. — URL: <https://e.lanbook.com/book/109512> (дата обращения: 29.03.2022). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

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

—

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

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

MS Office, платформа для электронного обучения Microsoft Teams.

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

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

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

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

ФГАОУ ВО «Тюменский государственный университет»

УТВЕРЖДЕНО

Заместителем директора

Физико-технического института

Крековым С.А.

РАЗРАБОТЧИКИ

Гильманов А.Я., Шевелев А.П.

ЧИСЛЕННЫЕ МЕТОДЫ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ НЕФТЕГАЗОВОЙ ОТРАСЛИ

Рабочая программа

для обучающихся по направлениям подготовки

03.03.02 Физика, для всех профилей направления подготовки;

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

## 1. Планируемые результаты освоения дисциплины

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

По направлению подготовки 03.03.02 Физика: ПК-2.

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

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

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

В результате освоения дисциплины обучающийся должен получить:

#### Знания:

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

#### Умения:

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

#### Навыки:

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

## 2. Структура и трудоемкость дисциплины

Таблица 1

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

\*в зависимости от выбора обучающимся реализуемой дисциплины

### 3. Содержание дисциплины

Таблица 2

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

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

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

\*в зависимости от выбора обучающимся реализуемой дисциплины

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

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

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

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

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

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

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

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

#### **4. Система оценивания.**

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

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

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

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

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

##### **5.1 Литература:**

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

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

Не используются.

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

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

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

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

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

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

MS Office, платформа для электронного обучения Microsoft Teams.

Лицензионное программное обеспечение Microsoft Visual Studio.

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

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

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

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

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

ФГАОУ ВО «Тюменский государственный университет»

УТВЕРЖДЕНО  
Заместителем директора  
Физико-технического института  
Крековым С.А.  
РАЗРАБОТЧИК  
Монтанари С.Г.

МИКРОПРОЦЕССОРЫ (ЧАСТЬ 1, 2, 3)  
Рабочая программа  
для обучающихся по направлениям подготовки  
16.03.01 Техническая физика, для всех профилей направления подготовки;  
форма обучения очная

## 1. Пояснительная записка

Современная электроника в большей степени является твердотельной, основой которой являются полупроводниковые материалы. Поэтому в данном курсе достаточно подробно рассматривается зонная теория твердого тела, изучаются физические свойства полупроводников, а также принципы работы наиболее распространенных элементов и устройств полупроводниковой электроники, таких как полупроводниковые диоды, биполярные и полевые транзисторы, тиристоры, светодиоды, полупроводниковые лазеры, приборы с зарядовой связью и т. д. Указанные виды элементов входят в состав аналоговых и цифровых электронных приборов, использующихся при передаче, приеме, а также при обработке информации.

### 1.1. Цели и задачи дисциплины

Целью преподавания дисциплины «Микропроцессоры» является изучение физики полупроводников, а также физических основ работы полупроводниковых элементов и устройств, достаточное для понимания, изготовления и анализа работы функциональных узлов радиоэлектронной аппаратуры.

Задачами изучения дисциплины являются формирование теоретических представлений о физических процессах, лежащих в основе работы полупроводниковых активных и пассивных элементов электронной техники, с помощью которых осуществляется прием, передача, обработка, преобразование и хранение информации, представленной в виде электрических сигналов различной формы, приобретение навыков работы с основными элементами полупроводниковой схемотехники, экспериментального определения их основных параметров и характеристик.

### 1.2. Место дисциплины в структуре ОП бакалавриата.

Содержание курса «Микропроцессоры» базируется на знаниях, приобретённых при изучении следующих дисциплин: разделов «Электричество и магнетизм», «Атомная и ядерная физика» курса общей физики, разделов «Электродинамика», «Квантовая механика», «Термодинамика и статистическая физика» теоретической физики. Математической основой курса являются разделы «Математический анализ», «Дифференциальные уравнения», «Теория вероятностей и математическая статистика» математики.

### Разделы дисциплины и междисциплинарные связи с обеспечиваемыми (последующими) дисциплинами

Таблица 1.

№ п/п	Наименование обеспечиваемых (последующих) дисциплин	Темы дисциплины, необходимые для изучения обеспечиваемых (последующих) дисциплин								
		2.3	3.1	3.2	3.4	3.5	3.6	3.7	3.8	...
1.	Квантовая радиофизика	+		+	+	+	+	+		
2.	Практикум по квантовой радиофизике					+	+	+		
3.	Практикум по СВЧ		+	+	+				+	
4.	Методы модуляции и приема электромагнитных излучений					+	+	+		

### 1.3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения данной образовательной программы:

В результате освоения ОП бакалавриата выпускник должен обладать следующими компетенциями:

**общекультурные:**

ОПК-1 способностью к овладению базовыми знаниями в области математики и естественных наук, их использованию в профессиональной деятельности;

ОПК-4 способностью понимать сущность и значение информации в развитии современного общества, сознавать опасности и угрозы, возникающие в этом процессе, соблюдать основные требования информационной безопасности, в том числе защиты государственной тайны;

**профессиональные:**

научно-исследовательская деятельность:

ПК- 1 способностью к определению общих форм и закономерностей отдельной предметной области .

**1.4. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю):**

В результате освоения дисциплины обучающийся должен:

**Знать:**

- физику полупроводников, их характеристики и параметры;
- свойства и назначение элементной базы радиоэлектронной аппаратуры;
- методы анализа и синтеза электронных схем;
- физические и информационные характеристики электрических сигналов, методы их преобразования с помощью линейных и нелинейных электрических цепей;
- принципы построения узлов и блоков аналоговой и цифровой радиоэлектроники;
- методы работы с измерительной аппаратурой.

**Уметь:**

- представлять физику работы различных полупроводниковых элементов и устройств;
- читать и анализировать принципиальные электрические схемы различных приборов;
- рассчитывать параметры электронных схем и подбирать соответствующие этим параметрам элементы;
- выполнять электрические измерения, экспериментально определять параметры и характеристики различных элементов электронных устройств;
- использовать справочную литературу и прикладное программное обеспечение при расчете и синтезе электронных схем.

**Владеть:**

- приемами и навыками решения конкретных задач из разных областей полупроводниковой электроники, помогающих в дальнейшем решать инженерные задачи, основами знаний в области разработки и анализа электронных схем, создания различных практических устройств для научных исследований и инженерной практики.

**2. Структура и трудоемкость дисциплины**

Семестр 7. Форма промежуточной аттестации – экзамен. Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетные единицы, 144 академических часа, из них 76,65 часа, выделенных на контактную работу с преподавателем (в т.ч. иные виды работы (контактной) 4,65 ч.), 67,4 ч., выделенных на самостоятельную работу.

**3. Тематический план дисциплины**

**Таблица 2.**

№	Тема	недели семестра	Виды учебной работы и самостоятельная работа, в час.				Итого часов по теме	Из них в интерактивной форме	Итого количество баллов
			Лекции	Семинар. (практ)	Лабораторные занятия	Самостоятельная работа*			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	<b>Модуль 1</b>	1-5							
1.1	Введение. Элементы зонной теории твердого тела.		2	4		4	8	2	0-5
1.2	Собственные и примесные полупроводники.		4	4		12	14	2	0-5
1.3	Равновесная и неравновесная концентрации носителей заряда.		4	2		8	10	1	0-5
	<b>Всего</b>		10	10		24	32	5	<b>0-15</b>
	<b>Модуль 2</b>	6-12							
2.1	Электронно-дырочный переход.		4	4		8	12	2	0-5
2.2	Контакт металл-полупроводник. Диоды Шоттки.		2	2		4	6	1	0-5
2.3	Гетеропереходы. Односторонняя и суперинжекция.		2	2		6	7	1	0-5
2.4	Полупроводниковые диоды.		2	2		4	6	1	0-5
2.5	Туннельные диоды.		1	1		2	3		0-5
	<b>Всего</b>		11	11		24	34	5	<b>0-25</b>
	<b>Модуль 3</b>	13-18							
3.1	Биполярные транзисторы.		2	2		4	6	1	0-5
3.2	Полевые транзисторы.		2	3		4	7	2	0-5
3.3	Тиристоры.		1	1			2		0-5
3.4	Полупроводниковые СВЧ приборы.		2	1		2	4	1	0-5
3.5	Светоизлучающие диоды.		2	1		2	4		0-10
3.6	Полупроводниковые лазеры.		2	3		4	7	2	0-10
3.7	Полупроводниковые фотоприемники.		3	2		6	8	1	0-10

3.8	Интегральные микросхемы.		1	2		2	4	1	0-10
	<b>Всего</b>		15	15		24	42	8	<b>0-60</b>
	<b>Итого (часов, баллов):</b>		36	36		72	144		<b>0-100</b>
	<b>Из них в интерактивной форме</b>		5	13				18	

\*Самостоятельная работа (включая иные виды контактной работы).

#### 4. Виды и формы оценочных средств в период текущего контроля

Таблица 3.

№ темы	Устный опрос		Письменные работы					Итого количество баллов
	коллоквиумы	ответ на семинаре	отчет по заданиям самост. ра-	контрольная работа	тест	реферат	прочие	
<b>Модуль 1</b>								
1.1. Введение. Элементы зонной теории твердого тела	0-1	0-1				0-3		0-5
1.2. Собственные и примесные полупроводники.	0-1	0-1		0-2	0-1			0-5
1.3. Равновесная и неравновесная концентрации носителей заряда.	0-1	0-1		0-2	0-1			0-5
<b>Всего</b>								<b>0-15</b>
<b>Модуль 2</b>								
2.1. Электронно-дырочный переход.	0-1	0-1	0-1	0-2				0-5
2.2. Контакт металл-полупроводник. Диоды Шоттки.		0-1		0-2		0-2		0-5
2.3. Гетеропереходы. Односторонняя и суперинжекция.			0-1	0-2	0-1	0-1		0-5
2.4. Полупроводниковые диоды.		0-1	0-4					0-5
2.5. Туннельные диоды.		0-1	0-4					0-5
<b>Всего</b>								<b>0-25</b>
<b>Модуль 3</b>								
3.1. Биполярные транзисторы.	0-1	0-1		0-2	0-1			0-5
3.2. Полевые транзисторы.			0-1	0-2		0-2		0-5
3.3. Тиристоры.	0-1		0-1	0-1		0-2		0-5
3.4. Полупроводниковые СВЧ приборы.		0-1	0-2			0-2		0-5
3.5. Светоизлучающие диоды	0-2		0-4			0-4		0-10
3.6. Полупроводниковые лазеры.		0-2		0-4	0-4			0-10

3.7. Полупроводниковые фотоприемники.	0-2		0-4			0-4		0-10
3.8. Интегральные микросхемы.		0-2		0-4	0-4			0-10
<b>Всего</b>								<b>0-60</b>
<b>Итого</b>								<b>0 – 100</b>

## 5. Содержание дисциплины.

### Модуль 1.

#### Тема 1.1. Введение. Элементы зонной теории твердого тела

Краткие сведения из истории развития электроники. Место дисциплины в профессиональной подготовке бакалавра радиофизики. Задачи дисциплины и связь ее с другими общепрофессиональными и специальными дисциплинами. Элементы зонной теории твердого тела, кристаллическая решетка, типы связей, дефекты решетки.

#### Тема 1.2. Собственные и примесные полупроводники.

Собственные полупроводники (Свойства Si, Ge и GaAs при 300K). Примесные полупроводники; зонные диаграммы; генерация и рекомбинация носителей заряда; распределение Ферми- Дирака для носителей заряда; расчет концентраций электронов и дырок в соответствующих зонах.

#### Тема 1.3 Равновесная и неравновесная концентрации носителей заряда

Равновесная и неравновесная концентрации носителей заряда, Влияние поверхностных состояний и внешнего электрического поля на электропроводность полупроводников.

### Модуль 2

#### Тема 2.1. Электронно–дырочный переход (p-n переход).

Диффузионные и дрейфовые токи в полупроводниках и переходе. Классификация переходов. Природа контактной разности потенциалов, работа выхода, зонная диаграмма электронно–дырочного перехода, равновесное состояние p-n перехода, математическая модель идеализированного электронно-дырочного перехода, физические явления (туннельный эффект, ударная ионизация и др.), вызывающие отклонения от идеализированной модели.

Неравновесное состояние p- n перехода и его статическая вольт-амперная характеристика. Формула Шоттки. Динамические свойства p- n перехода. Инерционные свойства, барьерная и диффузионная емкости p- n перехода.

#### Тема 2.2. Контакт металл – полупроводник.

Барьер Шоттки. Диоды Шоттки. Инерционные свойства перехода.

#### Тема 2.3. Гетеропереходы.

Физические процессы в контактах полупроводников с различной шириной запрещенной зоны (гетеропереходы). Энергетическая диаграмма гетероперехода. Односторонняя инжекция. Суперинжекция. Примеры применения гетеропереходов. Краткий обзор работ нобелевского лауреата по физике Ж. И. Алфера по гетеропереходам. Особенности квантово – размерных структур.

#### Тема 2.4. Полупроводниковые диоды.

Вольт – амперная характеристика (ВАХ) полупроводникового диода. Инжекция носителей. Тепловой и электрический пробой диода. Выпрямительные диоды. Стабилитроны.

Физические причины инерционных процессов в реальных диодах. Импульсные диоды.

Области применения полупроводниковых диодов.

#### Тема 2.5. Туннельные диоды.

Вырожденные и невырожденные полупроводники. Распределение Ферми- Дирака для вырожденных полупроводников. Принцип работы туннельного диода. Прямая и обратная ветви вольт-амперной характеристики диода. Параметры и характеристики туннельного диода. Применения туннельного диода.

## **Модуль 3**

### **Тема 3.1. Биполярные транзисторы.**

Структура и принцип действия биполярных транзисторов. Их назначение и использование в электронных схемах. Режимы работы транзисторов: активный, насыщения, отсечки. Схемы включения транзисторов. Входные и выходные характеристики. Система  $h$  – параметров биполярного транзистора. Параметры транзисторов при различных схемах включения. Схемы замещения. Динамические характеристики. Составной транзистор (схема Дарлингтона).

### **Тема 3.2. Полевые транзисторы.**

Принцип работы и классификация полевых транзисторов. Полевой транзистор с управляющим р-п переходом. Выходные и сток – затворные характеристики полевых транзисторов. МДП и МОП – транзисторы: Транзисторы с встроенным и с индуцированным каналами. Переключатели и элементы памяти на основе МДМ и МДП-структур. Приборы с зарядовой связью (ПЗС-линейки): анализ ПЗС с трехтактным и двухтактным питанием, фоточувствительные приборы. Флэш- память.

### **Тема 3.3. Тиристоры.**

Классификация тиристоров по структуре, числу выводов и способу управления. Условные обозначения. Принцип работы и ВАХ динистора. Тиристоры с управлением по катоду и по аноду. Двухтранзисторная модель тиристора. Применения тиристоров.

### **Тема 3.4. Полупроводниковые СВЧ приборы**

Эффект Ганна и генератор Ганна: энергетический спектр полупроводника, параметры GaAs, долинная структура зоны проводимости GaAs, подвижность носителей тока, время релаксации объемного заряда, механизм междолинного перехода, вольтамперная характеристика диода Ганна, домен сильного поля. Ганновская мода. Режим ОНОЗ. Гибридный режим. Генераторы и усилители на лавинно-пролетных диодах. Туннельные диоды Есаки и их применение. Полевые транзисторы с затвором в виде диодов Шоттки. Биполярные СВЧ транзисторы. Pin- диоды как управляющие элементы в устройствах СВЧ диапазона.

### **Тема 3.5. Светодиодающие диоды.**

Фотоэлектрические явления в полупроводниках и переходах, фотопроводимость и фотогоальванический эффект. Некогерентная и когерентная оптоэлектроника. Инжекционные светодиоды: принцип действия, параметры и основные характеристики.

### **Тема 3.6. Полупроводниковые лазеры.**

Полупроводниковые лазеры: населенность и инверсия населенности, порог генерации лазера, параметры и режимы работы, инжекционные лазеры, лазеры на гетеропереходах.

### **Тема 3.7. Полупроводниковые фотоприемники.**

Фотоприемники: внутренний фотоэффект, фото ЭДС. Параметры и характеристики фоторезисторов, фотодиодов, фототранзисторов и фототиристоров. Оптроны: характеристики, параметры, применение.

### **Тема 3.8. Интегральные микросхемы.**

Классификация интегральных микросхем (ИМС). Технологические основы ИМС: пленочные, гибридные, большие (БИС) и сверхбольшие (СБИС) микросхемы. Микросборки.

## **6. Планы семинарских занятий**

### **Семинар №1.**

Краткие сведения из истории развития электроники. Место дисциплины в профессиональной подготовке бакалавра радиофизики. Задачи дисциплины и связь ее с другими общепрофессиональными и специальными дисциплинами. Элементы зонной теории твердого тела, кристаллическая решетка, типы связей, дефекты решетки.

### **Семинар №2.**

Собственные полупроводники (Свойства Si, Ge и GaAs при 300К). Примесные полупроводники; зонные диаграммы; генерация и рекомбинация носителей заряда; распределение

Ферми- Дирака для носителей заряда; расчет концентраций электронов и дырок в соответствующих зонах

### **Семинар №3.**

Равновесная и неравновесная концентрации носителей заряда, Влияние поверхностных состояний и внешнего электрического поля на электропроводность полупроводников.

### **Семинар №4.**

Равновесная и неравновесная концентрации носителей заряда, Влияние поверхностных состояний и внешнего электрического поля на электропроводность полупроводников. Диффузионные и дрейфовые токи в полупроводниках и переходе. Классификация переходов. Природа контактной разности потенциалов, работа выхода, зонная диаграмма электронно-дырочного перехода.

### **Семинар №5.**

Физические явления (туннельный эффект, ударная ионизация и др.), вызывающие отклонения от идеализированной модели электронно-дырочного перехода.

Неравновесное состояние p- n перехода и его статическая вольт-амперная характеристика. Формула Шоттки. Динамические и инерционные свойства p- n перехода. Барьерная и диффузионная емкости p- n перехода.

### **Семинар №6.**

Барьерная и диффузионная емкости p- n перехода.

Барьер Шоттки. Диоды Шоттки. Инерционные свойства перехода металл- полупроводник.

### **Семинар №7.**

Физические процессы в контактах полупроводников с различной шириной запрещенной зоны (гетеропереходы). Энергетическая диаграмма гетероперехода. Односторонняя инжекция. Суперинжекция. Примеры применения гетеропереходов. Краткий обзор работ нобелевского лауреата по физике Ж. И. Алферова по гетеропереходам. Особенности квантово – размерных структур.

### **Семинар №8.**

Вольт – амперная характеристика (ВАХ) полупроводникового диода. Инжекция носителей. Тепловой и электрический пробой диода. Выпрямительные диоды. Стабилитроны. Физические причины инерционных процессов в реальных диодах. Импульсные диоды. Области применения полупроводниковых диодов.

### **Семинар №9.**

Вырожденные и невырожденные полупроводники. Распределение Ферми- Дирака для вырожденных полупроводников. Принцип работы туннельного диода. Прямая и обратная ветви вольт-амперной характеристики диода. Параметры и характеристики туннельного диода. Применения туннельного диода.

### **Семинар №10.**

Структура и принцип действия биполярных транзисторов. Их назначение и использование в электронных схемах. Режимы работы транзисторов: активный, насыщения, отсечки. Схемы включения транзисторов. Входные и выходные характеристики. Система  $h$  – параметров биполярного транзистора. Параметры транзисторов при различных схемах включения. Схемы замещения. Динамические характеристики. Составной транзистор (схема Дарлингтона).

### **Семинар №11.**

Принцип работы и классификация полевых транзисторов. Полевой транзистор с управляющим p-n переходом. Выходные и сток – затворные характеристики полевых транзисторов. МДП и МОП – транзисторы: Транзисторы с встроенным и с индуцированным каналами. Переключатели и элементы памяти на основе МДМ и МДП-структур. Приборы с зарядовой связью (ПЗС-линейки): анализ ПЗС с трехтактным и двухтактным питанием, фоточувствительные приборы. Флэш- память.

### **Семинар №12.**

Классификация тиристоров по структуре, числу выводов и способу управления. Условные обозначения. Принцип работы и ВАХ динистора. Тиристоры с управлением по катоду и по аноду. Двухтранзисторная модель тиристора. Применения тиристоров.

#### **Семинар №13.**

Эффект Ганна и генератор Ганна: энергетический спектр полупроводника, параметры GaAs, долинная структура зоны проводимости GaAs, подвижность носителей тока, время релаксации объемного заряда, механизм междолинного перехода, вольтамперная характеристика диода Ганна, домен сильного поля. Ганновская мода. Режим ОНОЗ. Гибридный режим. Генераторы и усилители на лавинно-пролетных диодах. Туннельные диоды Есаки и их применение. Полевые транзисторы с затвором в виде диодов Шоттки. Биполярные СВЧ транзисторы. Pin-диоды как управляющие элементы в устройствах СВЧ диапазона.

#### **Семинар №14.**

Фотоэлектрические явления в полупроводниках и переходах, фотопроводимость и фотогальванический эффект. Некогерентная и когерентная оптоэлектроника. Инжекционные светодиоды: принцип действия, параметры и основные характеристики.

#### **Семинар №15.**

Полупроводниковые лазеры: населенность и инверсия населенности, порог генерации лазера, параметры и режимы работы, инжекционные лазеры, лазеры на гетеропереходах.

#### **Семинар №16.**

Фотоприемники: внутренний фотоэффект, фото ЭДС. Параметры и характеристики фоторезисторов, фотодиодов, фототранзисторов и фототиристоров. Оптроны: характеристики, параметры, применение.

**Семинар №17.** Классификация интегральных микросхем (ИМС). Технологические основы ИМС: пленочные, гибридные, большие (БИС) и сверхбольшие (СБИС) микросхемы. Микросборки.

#### **7. Лабораторный практикум.**

Лабораторный практикум в соответствии с учебным планом ОП вынесен в отдельную дисциплину.

#### **8. Примерная тематика курсовых работ.**

Учебным планом ОП курсовые работы не предусмотрены.

#### **9. Учебно-методическое обеспечение и планирование самостоятельной работы студентов.**

**Таблица 4**

№	Модули и темы	Виды СРС		Неделя семестра	Объем часов*	Кол-во баллов
		обязательные	дополнительные			
<i>Модуль 1</i>		работа с литературой, источниками, работа с лекционным материалом.		1-5		
1.1	Введение. Элементы зонной теории твердого тела	работа с литературой, источниками, работа с лекционным материалом.				
1.2	Собственные и примесные полупроводники.	Построение функций Ферми-Дирака и оценка равновесной концентрации электронов в различных полупроводниках			4	0-2
1.3	Равновесная и неравновесная концентрации носителей заряда.	Рефераты: Параметры кремния, германия и арсенида галлия, работа с лекционным материалом.			4	0-2

	<b>Всего по модулю 1:</b>			<b>8</b>	<b>0-4</b>
<b>Модуль 2</b>		работа с литературой, источниками, работа с лекционным материалом.		6-12	
2.1	. Электронно-дырочный переход.	Виды электронно-дырочных переходов		8	0-4
2.2	. Контакт металл-полупроводник. Диоды Шоттки.	Причины низкой инерционности диодов Шоттки		4	
2.3	Гетеропереходы. Односторонняя и суперинжекция.	Применения гетеропереходов в транзисторной и оптической электронике		4	0-2
2.4	Полупроводниковые диоды.	Рефераты: «Выпрямительные и импульсные диоды»		4	0-2
2.5	Туннельные диоды.	Применения туннельных диодов в качестве активных элементов генераторов и триггеров		4	0-2
	<b>Всего по модулю 2:</b>			<b>24</b>	<b>0-10</b>
<b>Модуль 3</b>		работа с литературой, источниками, работа с лекционным материалом.		13-18	
3.1	Биполярные транзисторы	Схемы включения транзисторов; основные режимы работы биполярных транзисторов		8	0-4
3.2	Полевые транзисторы	Транзисторы с индуцированным и встроенным каналами; флэш память, ПЗС-линейки.		8	
3.3.	Тиристоры.				
3.4.	Полупроводниковые СВЧ приборы.				
3.5.	Светоизлучающие диоды	Основные параметры светодиодов, области их применения.		4	
3.6.	Полупроводниковые лазеры.	Полупроводниковые лазеры на электронно-дырочных переходах; преимущества лазеров на гетеропереходах.		8	0-2
3.7.	Полупроводниковые фотоприемники	Фоторезисторы, фотодиоды, фототранзисторы и их основные свойства.		8	0-2
3.8.	Интегральные микросхемы.	Типы интегральных схем; сборка и испытание высокочастотного усилителя.		4	
	<b>Всего по модулю 3:</b>			<b>40</b>	<b>0-8</b>
	<b>ИТОГО:</b>			<b>72</b>	<b>0-22</b>

\*Самостоятельная работа (включая иные виды контактной работы).

## 10. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины (модуля).

10.1. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующей этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы.

Примеры контрольных заданий:

1. Основные характеристики и параметры твердых веществ, использующихся в современной электронике.
2. Рассчитать и построить распределения Ферми- Дирака для акцепторных и донорных полупроводников при температуре 280 К и концентрации примесей  $10^{16} \text{ см}^{-3}$ .
3. Рассчитать и построить графики зависимостей заряженных частиц, потенциала и напряженности электрического поля в от координаты  $x$ , вдоль которой расположены слои электронно- дырочного перехода.
4. Доказать, что если в момент времени  $t'$  в полупроводник введено некоторое количество дырок, то доля дырок, которые к моменту  $t$  окажутся не связанными, равна  $\exp(t' - t)\tau_p$ , если вероятность рекомбинации введенной дырки за время  $dt$  равна  $dt/\tau_p$ .
5. Показать, что при установлении теплового равновесия в полупроводнике, выполняется соотношение  $np = n_i^2$ .
6. Рассчитать положение уровня Ферми для собственного полупроводника при 0 и 293 К, предполагая, что: 1) эффективные массы электронов и дырок одинаковы; 2) отношение масс электронов и дырок равно 0,67.
7. Вычислить энергию уровня Ферми при 300 К для кристалла германия, содержащего  $5 \cdot 10^{23}$  атомов мышьяка в  $1 \text{ м}^3$ .
8. Доказать, что в металлах ввод примесей порядка 10% и более сравнительно мало меняет электрическое сопротивление, тогда как в полупроводниках ввод примеси 0,01% изменяет сопротивление в  $10^6$  раз.
9. Найти концентрацию сурьмы в 100 г слитка германия с содержанием сурьмы в нем  $3,22 \cdot 10^{-6}$  г.
10. Вычислить электронный ток насыщения  $I_{ns}$  для германиевого  $p - n$  перехода, если площадь контакта равна  $0,5 \text{ см}^2$ , диффузионная длина для электронов на  $p$ - стороне равна  $10^{-4} \text{ м}$ , проводимость материала  $p$ -типа составляет  $2000 \text{ ом}^{-1}$  на метр при температуре 300 К.
11. Вычислить контактную разность потенциалов для  $p$ - $n$  перехода, составленного из германия, легированного фосфором и алюминием при температуре 300 К ; (фосфора-  $10^{15} \text{ 1/см}^3$ , алюминия-  $10^{17} \text{ 1/см}^3$ ).
12. Вычислить КПД светодиода из кремния, работающего при комнатной температуре.
13. Рассчитать основные характеристики фотодиода.

#### Примерные темы рефератов:

1. Зонная диаграмма арсенида галлия.
2. Частотные характеристики диодов Шоттки.
3. Применение суперинжекции в гетеропереходах.
4. Использование технологии полевых транзисторов для создания ПЗС линеек, флэш-памяти и т. д.
5. Маломощные высокочастотные тиристоры.
6. Диоды Ганна и туннельные диоды.
7. Светодиодная энергетика.
8. Достоинства и недостатки полупроводниковых фотоприемников по сравнению с вакуумными фотоприемниками.
9. Зонная теория полупроводников.
10. Параметры и свойства наиболее распространенных полупроводников.
11. Распределение Ферми- Дирака.
12. Электронно-дырочный переход и его основные свойства.
13. Виды полупроводниковых диодов.
14. Частотные свойства полупроводниковых диодов.
15. Биполярные транзисторы.

16. Полевые транзисторы.
17. Частотные свойства полевых транзисторов.
18. Частотные свойства тиристоров.
19. Работы Нобелевского лауреата 2001 г Ж. И. Алферова в области гетеропереходов.
20. Односторонняя и суперинжекция в гетеропереходах.
21. Простейшие схемы транзисторной электроники.
22. Полупроводниковые лазеры.
23. Светодиоды.
24. Фотопроводимость. Фоторезисторы.
25. Фотодиоды, фототранзисторы, фототиристоры и другие фотоприборы на переходах.
26. ПЗС- линейки.

## **10.2. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности характеризующих этапы формирования компетенций.**

Согласно «Положению о рейтинговой системе оценки успеваемости студентов Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Тюменский государственный университет» (приложение 1 к приказу ректора № 190 от 04.04.2014г.) всех формы текущего контроля, предусмотренные рабочей программой, оцениваются в баллах. Дисциплинарные модули, формы текущего контроля и шкала баллов, по которым они оцениваются, отражены в разделе «Тематический план».

Студенты, набравшие по дисциплине в период проведения текущего контроля от 35 до 60 баллов допускаются к экзамену. Если в период проведения текущей аттестации студент набрал 61 балл и более, то он автоматически получает экзаменационную оценку в соответствии со шкалой перевода, но в то же время он имеет право повысить оценку, полученную по итогам рейтинга (удовлетворительно, хорошо), путем сдачи экзамена.

Шкала перевода баллов в оценки:

- 60 баллов и менее – «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.

Студенты, набравшие по дисциплине менее 35 баллов к экзамену не допускаются. Необходимое количество баллов (до 35) для получения допуска к экзамену, студенты набирают после третьей контрольной недели.

### **Примерный перечень вопросов для экзамена.**

1. Классификация веществ по электрическим свойствам.
2. Проводники, диэлектрики, полупроводники.
3. Зонная теория твердого тела.
4. Условия возникновения свободных носителей тока в собственных полупроводниках.
5. Понятие уровня Ферми.
6. Примесные полупроводники.
7. Основные и неосновные носители тока.
8. Концентрация носителей тока.
9. Образование электронно-дырочного перехода.
10. Инжекция носителей тока через переход.
11. Толщина и емкость запирающего слоя p-n перехода.
12. Распределение Ферми.

13. Уравнение вольт-амперной характеристики р-п перехода.
14. Контактная разность потенциалов.
15. Ширина электронно-дырочного перехода.
16. Контакт металл-полупроводник.
17. Диоды Шоттки.
18. Закономерности протекания тока в базе диода.
19. Диффузионные и дрейфовые токи.
20. Физические причины инерционности р-п структуры.
21. Плоскостные и точечные диоды и их применение.
22. Туннельные диоды и их применение.
23. Лавинно-пролетные диоды и их применение.
24. Принцип действия биполярных транзисторов
25. Характеристики биполярного транзистора в схеме с об., оэ, ок
26. Входные и выходные статические характеристики транзистора для различных схем включения.
27. Различные состояния биполярного транзистора.
28. Режим работы транзистора по постоянному току
29. Н-параметры биполярных транзисторов.
30. Схема Дарлингтона.
31. Принцип работы полевых транзисторов с управляемым р-п переходом.
32. Основные характеристики и параметры полевых транзисторов.
33. Моп транзисторы со встроенным и индуцированным каналами.

## 11. Образовательные технологии

Три четверти занятий проводятся в активной форме, одна четверть занятий проводятся в интерактивной форме. Все виды занятий сопровождаются демонстрацией образцов различных материалов, используемых для изготовления электронных компонент, а также электронных приборов, имеющихся на кафедре. В течение семестра проводится одна экскурсия в производственные структуры и одна встреча с зам. главного инженера Тюменского филиала ОАО «Ростелеком». лекции с использованием мультимедийных презентаций; семинары, на которых обсуждаются основные проблемы, освещенные в лекциях и сформулированные в «Тематике семинарских занятий»; Целью семинарских занятий являются:

- более подробное ознакомление с отдельными разделами теоретического курса;
- обсуждение и закрепление лекционного материала;
- формирование навыков самостоятельной работы с учебной и научной литературой, включая труды выдающихся ученых.
- приобретение опыта публичных выступлений, оппонирования докладов, обсуждения получаемой информации письменные домашние задания в виде ведения тетради по семинарским занятиям и написания реферата;
- обсуждение подготовленных студентами докладов по написанным ими рефератам;
- консультации преподавателей;
- самостоятельная работа студентов, в которую входит освоение теоретического материала, подготовка к семинарским занятиям, написание реферата по выбранной теме.

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

### 12.1. Основная литература:

1. Троян, П. Е. Твердотельная электроника [Электронный ресурс] : учебное пособие / П. Е. Троян. - Томск: Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 2006. - 330 с. - . Режим доступа: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=208664>. (13.04.2015).

2. Легостаев, Н. С. Твердотельная электроника [Электронный ресурс] : учебное пособие / Н. С. Легостаев, К. В. Четвергов. - Томск: Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 2012. - 244 с. Режим доступа: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=208951>. (13.04.2015).

### **12.2. Дополнительная литература:**

1. Толмачёв, В. В. Физические основы электроники [Электронный ресурс] : учебное пособие / В. В. Толмачёв, Ф. В. Скрипник. - Москва — Ижевск: Институт компьютерных исследований, 2011. - 496 с. Режим доступа: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=114976>. (13.04.2015).
2. Гуртов, В. А. Твердотельная электроника: учеб. пособие для студ. вузов, обуч. по напр. подгот. бак., маг. 010700 "Физика" и спец. 010701 "Физика"/ В. Гуртов. - 2-е изд., доп. - Москва: Техносфера, 2005. - 408 с.
3. Базовые лекции по электронике: сборник : в 2 т./ ред. В. М. Пролейко. - Москва: Техносфера. - ISBN 978-5-94836-213-7 Т. 2: Твердотельная электроника. - 2009. - 608 с.
4. Наумкина, Л. Г. Электротехника и электроника (раздел Электроника). Ч. 1. Полупроводниковые приборы и физические основы их работы [Электронный ресурс] : учебное пособие / Л. Г. Наумкина. - М.: Московский государственный горный университет, 2005. - 90 с. Режим доступа: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=83867>. (13.04.2015).
5. Зегря, Г. Г. Основы физики полупроводников [Электронный ресурс] / Г. Г. Зегря, В. И. Перель. - М.: Физматлит, 2009. - 336 с. Режим доступа: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=68394>. (13.04.2015).
6. Епифанов, Г. И.. Твердотельная электроника: учеб. для вузов по спец. "Радиофизика и электроника"/ Г. И. Епифанов, Ю. А. Мома. - Москва: Высшая школа, 1986. - 303 с.

### **12.3. Интернет-ресурсы:**

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

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

При чтении курса используются компьютерная обучающая программа «Electronics Workbench», компьютеры, программное обеспечение и интернет-ресурсы.

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

Лекционные аудитории оснащены мультимедийным оборудованием. Все виды занятий сопровождаются демонстрацией образцов различных материалов, использующихся для изготовления электронных компонент, а также электронных приборов, имеющих на кафедре.

## **15. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля).**

Формирование у студентов способностей и умения самостоятельно добывать знания из различных источников, систематизировать полученную информацию и эффективно её использовать происходит в течение всего периода обучения через участие студентов в лекционных занятиях, причём самостоятельная работа студентов играет решающую роль в ходе всего учебного процесса.

Для понимания лекционного материала и качественного его усвоения студентам необходимо вести конспекты лекций. В течение лекции студент делает пометки по тем вопросам,

которые требуют уточнений и дополнений. Вопросы, которые преподаватель не отразил в лекции, студент должен изучать самостоятельно.

При подготовке к зачету у студента должен быть хороший учебник или конспект литературы, прочитанной по указанию преподавателя в течение семестра.

Вначале следует просмотреть весь материал по сдаваемой дисциплине, отметить для себя трудные вопросы. Обязательно в них разобраться. В заключение еще раз целесообразно повторить основные положения, используя при этом опорные конспекты лекций.

Систематическая подготовка к занятиям в течение семестра позволит использовать время экзаменационной сессии для систематизации знаний.

Если в процессе самостоятельной работы над изучением теоретического материала у студента возникают вопросы, разрешить которые самостоятельно не удастся, необходимо обратиться к преподавателю для получения у него разъяснений или указаний. В своих вопросах студент должен четко выразить, в чем он испытывает затруднения, характер этого затруднения. За консультацией следует обращаться и в случае, если возникнут сомнения в правильности ответов на вопросы самопроверки.

Дополнения и изменения к рабочей программе на 201\_\_ / 201\_\_ учебный год

**В рабочую программу вносятся следующие изменения:**

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

Рабочая программа пересмотрена и одобрена на заседании кафедры  
\_\_\_\_\_ «\_\_» \_\_\_\_\_ 201 г.

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_ /  
Подпись Ф.И.О.

ФГАОУ ВО «Тюменский государственный университет»

УТВЕРЖДЕНО

Заместителем директора

Физико-технического института

Крековым С.А.

РАЗРАБОТЧИК

Шастунова У.Ю.

ТЕПЛОВЫЕ ДВИГАТЕЛИ

Рабочая программа

для обучающихся по направлению подготовки

16.03.01 Техническая физика

профиль подготовки

Техническая физика в нефтегазовых технологиях

форма обучения очная

## 1. Планируемые результаты освоения дисциплины

**1.1. Компетенция обучающегося, формируемая в результате освоения данной дисциплины:** ПК-1, ПК-2.

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

**Знания:** основных понятий, определений, принципов и законов термодинамики; физико-математических описаний процессов в тепловых двигателях и установках; классификации и конструктивных особенностей теплообменных аппаратов; методики инженерного расчёта аппаратов различного типа и назначения; классификации, устройства и особенностей применения котельных агрегатов; характеристик и особенностей применения наиболее распространённых видов органического топлива; методов расчёта основных показателей работы котлоагрегатов; теплофизических процессов в газотурбинных и комбинированных установках (ГТиКУ); современных методов термогазодинамического и прочностного расчёта ГТиКУ; конструктивных особенностей и режимных характеристик ГТиКУ; методов диагностики, эксплуатации, ремонта и модернизации ГТиКУ.

**Умения:** проводить расчёт и анализ работы теплообменных аппаратов и ГТиКУ; производить подбор необходимого типа аппарата для конкретной области применения и стыковку его работы с другими звеньями технологической цепочки; анализировать режим работы аппаратов по объективным показателям и управлять этими режимами, производить подбор необходимого котельного оборудования и расчёт основных параметров его работы; обоснованно выбирать типы и схемы ГТиКУ для различных условий применения; разрабатывать новые и использовать существующие программы автоматизированного расчёта ГТиКУ; проводить диагностический анализ технического состояния ГТУ по результатам испытаний; выбирать оптимальные основные параметры ГТУ.

**Навыки:** решения конкретных задач из разных областей термодинамики, помогающих в дальнейшем решать инженерно-производственные и научные задачи; владение методами анализа тепломассопереноса в технологическом процессе; совершенствования оборудования; расчёта процессов теплопередачи в промышленных аппаратах.

## 2. Структура и трудоемкость дисциплины

Таблица 1

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

## 3. Содержание дисциплины

Таблица 2

№	Тематика учебных встреч	Виды аудиторной работы (в ак. час.)			Итого аудиторных ак. часов по теме
		Лекции	Практические занятия	Лабораторные / практические занятия по подгруппам	
1	2	3	4	5	6
1	Основные термины и понятия, параметры состояния термодинамических систем	2	2	0	4
2	Циклы поршневых двигателей внутреннего сгорания	2	2	0	4
3	Водяной пар	2	2	0	4
4	Паросиловые установки	2	2	0	4
6	Циклы холодильных установок	2	2	0	4
7	Теоретические основы расчета теплообменных аппаратов	2	2	0	4
8	Характеристики аппаратов воздушного охлаждения, области и особенности их применения в газовой промышленности	4	4	0	8
9	Испарители и конденсаторы. Особенности расчета теплообмена в многофазных средах	2	2	0	4
10	Классификация и назначение котельных агрегатов, их конструкции	2	2	0	4
11	Современный уровень развития и перспективные типы ГТиКУ. Направления развития ГТУ	2	0	0	2
12	Расчет, проектирование и характеристики теплообменных аппаратов ГТиКУ	2	4	0	6
13	Системы охлаждения ГТУ	2	0	0	2
14	Расчет, проектирование и характеристики камер сгорания	0	2	0	2
15	Режимные параметры и характеристики ГТиКУ	2	2	0	4
16	Прочность турбомашин	2	0	0	2
17	Автоматизированное проектирование ГТУ	0	2	0	2
18	Диагностика ГТУ	2	0	0	2
19	Эксплуатация ГТиКУ. Ремонт и модернизация ГТУ	0	2	0	2
	Итого (ак. часов)	32	32	0	64

#### 4. Система оценивания

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

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

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

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

##### 5.1. Литература:

1. 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: 12.04.2022). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

2. Боруш, О. В. Общая энергетика. Энергетические установки: учебное пособие / О. В. Боруш, О. К. Григорьева. — Новосибирск: Новосибирский государственный технический университет, 2017. — 96 с. — ISBN 978-5-7782-3430-7. — Текст: электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART: [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/91283.html> (дата обращения: 31.03.2022). — Режим доступа: для авторизир. пользователей.

3. Боруш, О. В. Парогазовые установки: учебное пособие / О. В. Боруш, О. К. Григорьева. — Новосибирск: Новосибирский государственный технический университет, 2016. — 64 с. — ISBN 978-5-7782-3074-3. — Текст: электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART: [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/91651.html> (дата обращения: 18.03.2022). — Режим доступа: для авторизир. пользователей.

##### 5.2. Электронные образовательные ресурсы:

Необязательны при изучении дисциплины.

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

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

ЭБС Лань. — <https://e.lanbook.com/>

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

MS Office, платформа для электронного обучения Microsoft Teams.

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

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

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

ФГАОУ ВО «Тюменский государственный университет»

УТВЕРЖДЕНО

Заместителем директора

Физико-технического института

Крековым С.А.

РАЗРАБОТЧИКИ

Гильманов А.Я., Шевелев А.П.

ТЕРМОДИНАМИКА УГЛЕВОДОРОДНЫХ СИСТЕМ

Рабочая программа

для обучающихся по направлениям подготовки

03.03.02 Физика, для всех профилей направления подготовки;

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

## 1. Планируемые результаты освоения дисциплины

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

По направлению подготовки 03.03.02 Физика: ПК-2.

По направлению подготовки 16.03.01 Техническая физика: ПК-1.

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

В результате изучения курса студент должен получить:

#### Знания:

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

#### Умения:

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

#### Навыки:

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

## 2. Структура и трудоемкость дисциплины

Таблица 1

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

\*в зависимости от выбора обучающимся реализуемой дисциплины

### 3. Содержание дисциплины

Таблица 2

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

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

\*в зависимости от выбора обучающимся реализуемой дисциплины

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

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

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

### **Тема 2. Уравнения состояния.**

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

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

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

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

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

## **4. Система оценивания.**

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

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

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

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

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

### **5.1 Литература:**

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

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

Не используются.

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

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

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

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

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

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

MS Office, платформа для электронного обучения Microsoft Teams.

Лицензионное программное обеспечение Microsoft Visual Studio.

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

Лицензионное программное обеспечение tNavigator.

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

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

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

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

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