

ИНЖЕНЕРНО-ФИЗИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ БИОМЕДИЦИНЫ  
КАФЕДРА ПОЛУПРОВОДНИКОВОЙ КВАНТОВОЙ ЭЛЕКТРОНИКИ И БИОФОТОНИКИ

ОДОБРЕНО НТС ИФИБ

Протокол № 5/25  
от 18.11.2025

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ  
КВАНТОВЫЕ КАСКАДНЫЕ ЛАЗЕРЫ

Направление подготовки  
(специальность)

[1] 03.05.02 Фундаментальная и прикладная физика

Семестр	Трудоемкость, кред.	Общий объем курса, час.	Лекции, час.	Практич. занятия, час.	Лаборат. работы, час.	В форме практической подготовки/ В	СРС, час.	КСР, час.	Форма(ы) контроля, экз./зач./КР/КП
9	4	144	32	16	0		51	0	Э
Итого	4	144	32	16	0	8	51	0	

## **АННОТАЦИЯ**

Дисциплина является частью профессионального модуля образовательной программы. В курсе дано введение в новую область применения межподзонных переходов в квантово-размерных структурах, позволяющих создать новые источники излучения в среднем инфракрасном (ИК) и терагерцовом диапазонах – квантовые каскадные лазеры (ККЛ). Представлены основные модели, описывающие физические процессы в новых приборах. Дается многосторонний взгляд на проблему, включая физические аспекты, технологию и применение ККЛ. Продемонстрированы последние достижения в инженерии зонных состояний, позволяющие оптимизировать сложные квантово-размерные структуры для конкретных применений.

Дисциплина логически и содержательно-методически связана со следующими дисциплинами: фотоника, физика твердого тела, взаимодействие излучения с веществом, волоконно-оптические линии связи.

В курсе изучается физика, технология изготовления и различные применения квантовых каскадных лазеров в гражданской и военной технике. Кратко приводятся необходимые сведения из физики полупроводников и квантовой электроники. Рассматриваются прямые и не прямые межподзонные оптические переходы в полупроводниках. Приводятся основные условия обеспечения необходимых рабочих характеристик лазеров – низких порогов генерации, высокого КПД, большого рабочего ресурса. Обсуждаются основные проблемы дальнейшего развития таких лазеров.

### **1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

В курсе дано введение в новую область применения межподзонных переходов в квантово-размерных структурах, позволяющих создать новые источники излучения в среднем инфракрасном (ИК) и терагерцовом диапазонах – квантовые каскадные лазеры (ККЛ). Представлены основные модели, описывающие физические процессы в новых приборах. Дается многосторонний взгляд на проблему, включая физические аспекты, технологию и применение ККЛ. Продемонстрированы последние достижения в инженерии зонных состояний, позволяющие оптимизировать сложные квантово-размерные структуры для конкретных применений.

### **2. МЕСТО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО**

Дисциплина логически и содержательно-методически связана со следующими дисциплинами: фотоника, физика твердого тела, взаимодействие излучения с веществом, волоконно-оптические линии связи.

В курсе изучается физика, технология изготовления и различные применения квантовых каскадных лазеров в гражданской и военной технике. Кратко приводятся необходимые сведения из физики полупроводников и квантовой электроники. Рассматриваются прямые и не прямые межподзонные оптические переходы в полупроводниках. Приводятся основные условия обеспечения необходимых рабочих характеристик лазеров – низких порогов генерации, высокого КПД, большого рабочего ресурса. Обсуждаются основные проблемы дальнейшего развития таких лазеров.

Овладение данной дисциплиной необходимо выпускникам для следующих областей профессиональной деятельности по исследованию и разработке:

- установок и систем в области физики конденсированного состояния вещества;
- методов повышения безопасности лазерных установок, материалов и технологий;
- лазерных установок и технологий, обладающих высокой эффективностью, безопасностью и защищенностью.

### 3. ФОРМИРУЕМЫЕ КОМПЕТЕНЦИИ И ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ

Универсальные и(или) общепрофессиональные компетенции:

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции
--------------------------------	--

Профессиональные компетенции в соответствии с задачами и объектами (областями знаний) профессиональной деятельности:

Задача профессиональной деятельности (ЗПД)	Объект или область знания	Код и наименование профессиональной компетенции; Основание (профессиональный стандарт-ПС, анализ опыта)	Код и наименование индикатора достижения профессиональной компетенции
научно-исследовательский			
- выявление актуальных проблем и тенденций в области физики - работа с научной литературой, в том числе с использованием информационных технологий, отслеживание отечественных и зарубежных работ в исследуемой области - выбор методов, современной аппаратуры и информационных технологий для проведения исследования - проведение теоретических и	физические объекты и системы различного масштаба, уровня организации, физические явления и процессы, физические, инженерно-физические, биофизические технологии, методы, приборы, устройства	ПК-3 [1] - Способен самостоятельно ставить конкретные задачи научных исследований в области физики и решать их с помощью современной аппаратуры и информационных технологий с использованием новейшего отечественного и зарубежного опыта  <i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 40.011	З-ПК-3 [1] - знать методы проведения научных исследований и выполнения опытно-конструкторских работ в области физики У-ПК-3 [1] - уметь самостоятельно формулировать цели, ставить задачи научных исследований в своей профессиональной сфере; решать физические задачи с помощью современной аппаратуры и информационных технологий с использованием новейшего

экспериментальных исследований			отечественного и зарубежного опыта В-ПК-3 [1] - владеть навыками работы на современной аппаратуре, оборудовании; навыками использования информационных технологий в своей профессиональной области
<p>- выявление актуальных проблем и тенденций в области физики - работа с научной литературой, в том числе с использованием информационных технологий, отслеживание отечественных и зарубежных работ в исследуемой области</p> <p>- выбор методов, современной аппаратуры и информационных технологий для проведения исследования - проведение теоретических и экспериментальных исследований</p>	физические объекты и системы различного масштаба, уровня организации, физические явления и процессы, физические, инженерно-физические, биофизические технологии, методы, приборы, устройства	<p>ПК-1.2 [1] - Способен применять на практике знания лазерной физики, физики полупроводников, оптики, физических основ взаимодействия с веществом для качественного и количественного описания исследуемых объектов и явлений</p> <p><i>Основание:</i> Профессиональный стандарт 40.039, 40.037, 40.006</p>	<p>З-ПК-1.2 [1] - Знать законы и принципы физики твердого тела, оптики, взаимодействия излучения с веществом, квантовой механики, лазерной физики</p> <p>У-ПК-1.2 [1] - Уметь формулировать, выделять, анализировать исходные данные об исследуемом объекте и явлении, исходя из законов и принципов физики твердого тела, оптики, взаимодействия излучения с веществом, квантовой механики, лазерной физики</p> <p>В-ПК-1.2 [1] - Владеть приемами и методами, используемыми в области физики твердого тела, оптики, взаимодействия излучения с веществом, квантовой механики, лазерной физики, для качественного и количественного описания</p>

			исследуемых объектов и явлений
<p>- выявление актуальных проблем и тенденций в области физики - работа с научной литературой, в том числе с использованием информационных технологий, отслеживание отечественных и зарубежных работ в исследуемой области</p> <p>- выбор методов, современной аппаратуры и информационных технологий для проведения исследования - проведение теоретических и экспериментальных исследований</p>	<p>физические объекты и системы различного масштаба, уровня организации, физические явления и процессы, физические, инженерно-физические, биофизические технологии, методы, приборы, устройства</p>	<p>ПК-1.3 [1] - Способен ставить и решать теоретические и экспериментальные задачи в области физики конденсированного вещества, фотоники, физики лазеров, полупроводниковой физики, взаимодействия излучения с веществом</p> <p><i>Основание:</i> Профессиональный стандарт 40.039, 40.037</p>	<p>З-ПК-1.3 [1] - Знать теоретические и аналитические модели и основные приемы проведения эксперимента в области физики конденсированного вещества, фотоники, физики лазеров, полупроводниковой физики, взаимодействия излучения с веществом</p> <p>У-ПК-1.3 [1] - Уметь формулировать задачи исследования в области физики конденсированного вещества, фотоники, физики лазеров, полупроводниковой физики, взаимодействия излучения с веществом, выбирать подходящие модели, экспериментальные приемы и методы исследования</p> <p>В-ПК-1.3 [1] - Владеть навыками анализа полученных результатов, формулирования выводов, корректировки дальнейшего плана исследования в области физики конденсированного вещества, фотоники, физики лазеров, полупроводниковой физики, взаимодействия излучения с веществом</p>

#### 4. ВОСПИТАТЕЛЬНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ ДИСЦИПЛИНЫ

Направления/цели воспитания	Задачи воспитания (код)	Воспитательный потенциал дисциплин
Профессиональное воспитание	- формирование ответственности за профессиональный выбор, профессиональное развитие и профессиональные решения (B18)	Использование воспитательного потенциала дисциплин профессионального модуля для формирования у студентов ответственности за свое профессиональное развитие посредством выбора студентами индивидуальных образовательных траекторий, организации системы общения между всеми участниками образовательного процесса, в том числе с использованием новых информационных технологий.
Профессиональное воспитание	- формирование научного мировоззрения, культуры поиска нестандартных научно-технических/практических решений, критического отношения к исследованиям лженаучного толка (B19)	<p>1.Использование воспитательного потенциала дисциплин/практик «Научно-исследовательская работа», «Проектная практика», «Научный семинар» для:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- формирования понимания основных принципов и способов научного познания мира, развития исследовательских качеств студентов посредством их вовлечения в исследовательские проекты по областям научных исследований.</li> </ul> <p>2.Использование воспитательного потенциала дисциплин "История науки и инженерии", "Критическое мышление и основы научной коммуникации", "Введение в специальность", "Научно-исследовательская работа", "Научный семинар" для:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- формирования способности отделять настоящие научные исследования от лженаучных посредством проведения со студентами занятий и регулярных бесед;</li> <li>- формирования критического мышления, умения рассматривать различные исследования с экспертной позиции посредством обсуждения со студентами современных исследований, исторических предпосылок</li> </ul>

		появления тех или иных открытий и теорий.
Профессиональное воспитание	- формирование культуры безопасности при работе с лазерным излучением (В32);	<p>1.Использование воспитательного потенциала дисциплин «Введение в специальность», «Основы и применение синхротронного излучения», «Физика биологического действия радиации» и всех видов практик – ознакомительной, научно-исследовательской, педагогической, преддипломной для:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- формирования культуры работы с патогенами, обеспечивающей безопасность и не распространение, приборами дозиметрического контроля, радиационной и экологической безопасности посредством тематического акцентирования в содержании дисциплин и учебных заданий, подготовки эссе, рефератов, дискуссий по вопросам биобезопасности.</li> </ul> <p>Использование воспитательного потенциала профильных дисциплин и всех видов практик для: - формирования этических основ проведения экспериментов с использованием лабораторных животных посредством обсуждения техники безопасной работы с высокотехнологичным экспериментальным оборудованием, высокопроизводительной вычислительной техникой и с живыми системами.</p>

## 5. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Разделы учебной дисциплины, их объем, сроки изучения и формы контроля:

№ п.п	Наименование раздела учебной дисциплины	Недели	Лекции/ Практи. (семинары) / Лабораторные работы, час.	Обязат. текущий контроль (форма*, неделя)	Максимальный балл за раздел**	Аттестация раздела (форма*, неделя)	Индикаторы освоения компетенции
	<i>9 Семестр</i>						
1	Первый раздел	1-8	16/8/0		25	КИ-8	3-ПК-3, У-ПК-3, В-ПК-3, 3-ПК-1.2, У-ПК-1.2, В-ПК-1.2, 3-ПК-1.3, У-ПК-1.3, В-ПК-1.3,
2	Второй раздел	9-16	16/8/0		25	КИ-16	3-ПК-3, У-ПК-3, В-ПК-3, 3-ПК-1.2, У-ПК-1.2, В-ПК-1.2, 3-ПК-1.3, У-ПК-1.3, В-ПК-1.3,
	<i>Итого за 9 Семестр</i>		32/16/0		50		
	<b>Контрольные мероприятия за 9 Семестр</b>				50	Э	3-ПК-3, У-ПК-3, В-ПК-3, 3-ПК-1.2, У-ПК-1.2, В-ПК-1.2, 3-ПК-1.3, У-ПК-1.3, В-ПК-1.3,

\* – сокращенное наименование формы контроля

\*\* – сумма максимальных баллов должна быть равна 100 за семестр, включая зачет и (или) экзамен

Сокращение наименований форм текущего контроля и аттестации разделов:

Обозначение	Полное наименование
КИ	Контроль по итогам
Э	Экзамен

## КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН



Недели	Темы занятий / Содержание	Лек., час.	Пр./сем., час.	Лаб., час.
	<i>9 Семестр</i>	32	16	0
<b>1-8</b>	<b>Первый раздел</b>	16	8	0
	<b>Тема 1. Квантовые приборы.</b> Квантовые приборы. Межзонные и межподзонные переходы в полупроводниках. Межподзонные переходы: исторические аспекты. Источники излучения в средней ИК области.	Всего аудиторных часов		
		1	0	0
		Онлайн		
		0	0	0
	<b>Тема 2. Технология.</b> Эпитаксиальные слои. Технологические этапы изготовления ККЛ. Технологии монтажа.	Всего аудиторных часов		
		2	1	0
		Онлайн		
		0	0	0
	<b>Тема 3. Электронные состояния в полупроводниковых квантовых ямах.</b> Зонная структура полупроводников в k-р приближении: природа эффективной массы. Приближение огибающей. Потенциал Хартри. Строительные блоки активной области. Дисперсия в плоскости слоев. Модельное рассмотрение валентной зоны.	Всего аудиторных часов		
		3	1	0
		Онлайн		
		0	0	0
	<b>Тема 4. Оптические переходы.</b> Гамильтониан взаимодействия. Межзонные и межподзонные переходы. Правила отбора и геометрии поглощения. Сила осциллятора при поглощении. Экспериментальные результаты. Правило сумм в поглощении. Поглощение в квантовой яме: двухзонная модель. Деполяризационный сдвиг. Ширина линии поглощения. Штарковская перестройка межподзонного поглощения.	Всего аудиторных часов		
		3	2	0
		Онлайн		
		0	0	0
	<b>Тема 5. Процессы межподзонного рассеяния.</b> Спонтанная эмиссия. Рассеяние на фононах. Упругое рассеяние. Сравнение с экспериментами.	Всего аудиторных часов		
		2	1	0
		Онлайн		
		0	0	0
	<b>Тема 6. Волноводы для средней ИК области.</b> Пластиначатый диэлектрический волновод. Интерфейсная плазмонная мода. Оптические свойства легированных слоев. Двумерное ограничение. Большие оптические волноводы. Термические свойства.	Всего аудиторных часов		
		2	1	0
		Онлайн		
		0	0	0
	<b>Тема 7. Дизайны активной области.</b> Историческая перспектива. Активная область: основные понятия. Лазеры на межподзонных и межзонных переходах. Анализ скоростных уравнений, пороговые условия, эффективность. Оптимизация активной области. Каскадирование: скейлинг с увеличением числа периодов. Температурная зависимость. Легирование активной области. Коэффициент полезного действия «от розетки».	Всего аудиторных часов		
		3	2	0
		Онлайн		
		0	0	0
<b>9-16</b>	<b>Второй раздел</b>	16	8	0
	<b>Тема 8. Коротковолновые квантовые каскадные лазеры.</b> Скачок зоны проводимости и характеристики ККЛ.	Всего аудиторных часов		
		3	1	0
		Онлайн		

	Материалы для гетероструктуры. Система материалов $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}/\text{Al}_y\text{In}_{1-y}\text{As}/\text{InP}$ с компенсированными напряжениями.	0	0	0
	<b>Тема 9. Терагерцовые квантовые каскадные лазеры.</b> Терагерцовые волноводы. Дизайны активной области. Поглощение свободными носителями заряда. Ключевые рабочие характеристики.	Всего аудиторных часов		
		3	1	0
		Онлайн		
	<b>Тема 10. Селекция мод.</b> Резонатор Фабри-Перо. Резонатор с распределенной обратной связью. Внешние резонаторы. Решетки с распределенной обратной связью.	0	0	0
		Всего аудиторных часов		
		2	1	0
	<b>Тема 11. Приборные свойства и характеристика.</b> Характеризация основных электрических и оптических свойств. Электролюминесцентные и спектральные измерения. Ближнее поле. Температура активной области. Измерения усиления и потерь.	Онлайн		
		0	0	0
		Всего аудиторных часов		
	<b>Тема 12. Транспортные модели.</b> Модели на основе скоростных уравнений. Матрица плотности. Модели матрицы плотности с учетом всех состояний. Метод Монте Карло. Неравновесная функция Грина.	2	2	0
		Онлайн		
		0	0	0
	<b>Тема 13. Динамические свойства.</b> Высокочастотная модуляция. Многомодовые неустойчивости.	Всего аудиторных часов		
		2	1	0
		Онлайн		
	<b>Тема 14. Применения.</b> Военные применения. Телекоммуникации. Детектирование газов. Широкополосная спектроскопия.	0	0	0
		Всего аудиторных часов		
		2	1	0
		Онлайн		
		0	0	0

Сокращенные наименования онлайн опций:

Обозначение	Полное наименование
ЭК	Электронный курс
ПМ	Полнотекстовый материал
ПЛ	Полнотекстовые лекции
ВМ	Видео-материалы
АМ	Аудио-материалы
Прз	Презентации
Т	Тесты
ЭСМ	Электронные справочные материалы
ИС	Интерактивный сайт

## 6. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

При освоении данной дисциплины основную роль играют аудиторные занятия в виде лекций и практических занятий, а также самостоятельная работа студентов, заключающаяся в выполнении повторения ранее пройденного материала и подготовке домашнего задания и подготовке к контрольным мероприятиям.

С целью формирования и развития профессиональных навыков, обучающихся в учебном процессе, широко используются технологии активного обучения – обсуждение тем для самостоятельного изучения, проведение «круглых столов».

На занятиях контролируется выполнение домашнего задания, даются консультации, оказывается помощь в анализе и систематизации получаемой информации.

Для того чтобы дать представление о современных достижениях в создании квантовых каскадных лазеров предусмотрено широкое использование современных научных работ и публикаций по данной теме, посещение лабораторий НИЯУ МИФИ и ФИАН. Рекомендуется посещение студентами научных семинаров и конференций, проводимых в ФИАН, в НИЯУ МИФИ, а также в других организациях, служит закреплению пройденного материала.

## 7. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

Фонд оценочных средств по дисциплине обеспечивает проверку освоения планируемых результатов обучения (компетенций и их индикаторов) посредством мероприятий текущего, рубежного и промежуточного контроля по дисциплине.

Связь между формируемыми компетенциями и формами контроля их освоения представлена в следующей таблице:

Компетенция	Индикаторы освоения	Аттестационное мероприятие (КП 1)
ПК-3	З-ПК-3	Э, КИ-8, КИ-16
	У-ПК-3	Э, КИ-8, КИ-16
	В-ПК-3	Э, КИ-8, КИ-16
ПК-1.2	З-ПК-1.2	Э, КИ-8, КИ-16
	У-ПК-1.2	Э, КИ-8, КИ-16
	В-ПК-1.2	Э, КИ-8, КИ-16
ПК-1.3	З-ПК-1.3	Э, КИ-8, КИ-16
	У-ПК-1.3	Э, КИ-8, КИ-16
	В-ПК-1.3	Э, КИ-8, КИ-16

## Шкалы оценки образовательных достижений

Шкала каждого контрольного мероприятия лежит в пределах от 0 до установленного максимального балла включительно. Итоговая аттестация по дисциплине оценивается по 100-балльной шкале и представляет собой сумму баллов, заработанных студентом при выполнении заданий в рамках текущего и промежуточного контроля.

Итоговая оценка выставляется в соответствии со следующей шкалой:

Сумма баллов	Оценка по 4-ех балльной шкале	Оценка ECTS	Требования к уровню освоению учебной дисциплины
90-100	5 – «отлично»	A	Оценка «отлично» выставляется студенту, если он глубоко и прочно усвоил программный материал, исчерпывающе, последовательно, четко и логически стройно его излагает, умеет тесно увязывать теорию с практикой, использует в ответе материал монографической литературы.

85-89	4 – «хорошо»	В	Оценка «хорошо» выставляется студенту, если он твёрдо знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос.
75-84		С	
70-74		Д	
65-69	3 – «удовлетворительно»	Е	Оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если он имеет знания только основного материала, но не усвоил его деталей, допускает неточности, недостаточно правильные формулировки, нарушения логической последовательности в изложении программного материала.
60-64			
Ниже 60	2 – «неудовлетворительно»	Ф	Оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, который не знает значительной части программного материала, допускает существенные ошибки. Как правило, оценка «неудовлетворительно» ставится студентам, которые не могут продолжить обучение без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине.

## 8. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

### ОСНОВНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

1. ЭИ М 25 Введение в нанотехнологию : учебное пособие, Санкт-Петербург: Лань, 2022
2. ЭИ Б 91 Основы полупроводниковой электроники : учебное пособие, Москва: Физматлит, 2012
3. 621.38 Л33 Физика полупроводниковых приборов : , А. И. Лебедев, Москва: Физматлит, 2008

### ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

1. ЭИ Л 33 Физика полупроводниковых приборов : , Москва: Физматлит, 2008
2. 537 Ш94 Квантовая радиофизика : учебное пособие для вузов, В. В. Штыков, Москва: Академия, 2009
3. 621.37 Ч-48 Лазерная техника для физических исследований и практических применений : учеб. пособие для вузов по диагностике плазмы, В. Е. Черковец, С. А. Казаков, В. Г. Наумов, Москва: МИФИ, 2006
4. 621.37 Д81 Квантовая электроника. Приборы и их применение : учебное пособие для вузов, В. И. Дудкин, Л. Н. Пахомов, Москва: Техносфера, 2006

### ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ:

Специальное программное обеспечение не требуется

LMS И ИНТЕРНЕТ-РЕСУРСЫ:

<https://online.mephi.ru/>

<http://library.mephi.ru/>

## **9. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

Для реализации дисциплины используются учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа, практических занятий, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, а также помещения для самостоятельной работы. Учебные аудитории укомплектованы специализированной мебелью и техническими средствами обучения – мультимедийным оборудованием. Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены рабочими местами, в том числе компьютерной техникой, с возможностью выхода в сеть «Интернет».

## **10. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ СТУДЕНТОВ**

Комплекс дисциплины предполагает ряд основных видов работы:

- аудиторная работа в виде лекций и практических занятий,
- самостоятельная работа,
- выполнение домашних заданий,
- выполнение контрольных работ.

Перечисленные виды работы составляют целостную систему обучения, обеспечивающую разностороннюю подготовку обучающегося и призваны к приобретению новых компетенций и повышению уровня его компетентности.

Структура курса предполагает освоение каждой предлагаемой темы в несколько этапов.

Начальный этап предусматривает проведение лекционных занятий.

На последующих этапах проводятся практические занятия, на которых студенты демонстрируют знания лекционного материала, подготовленность к занятиям, выполнение домашнего задания. Также предполагается самостоятельная работа студента по предложенным темам с последующим контролем со стороны преподавателя.

На заключительном этапе работы студентам предлагается выполнение контрольных работ.

Текущий контроль: в течение семестра выполняются следующие контрольные мероприятия:

- выполнение домашнего задания;
- выполнение контрольных работ.

Результаты выполнения контрольных мероприятий являются основанием для допуска к промежуточному контролю по дисциплине.

Промежуточный контроль осуществляется методом проверки и оценки ответов на предложенные вопросы.

Система оценки успеваемости студента

Для оценки успеваемости студента применяется 100-балльная система, которая позволяет учитывать работу студента в течение семестра и ответ на предложенные вопросы на экзамене.

Учебная работа студента в семестре оценивается по следующим категориям: показатели посещаемости и эффективности работы на каждом занятии, результаты выполнения контрольных мероприятий.

Максимальное количество баллов, которое студент может получить в ходе аудиторной и самостоятельной работы в семестре, составляет 50 баллов.

Минимальное количество баллов, которое необходимо для допуска студента к промежуточной аттестации, составляет 30 баллов.

По итогам семестра проводится промежуточная аттестация, которая включает в себя письменный и устный ответ на предложенные вопросы.

В совокупности за промежуточную аттестацию студент может получить 50 баллов.

Итого, максимальная оценка по курсу по итогам семестра составляет 100 баллов, для аттестации по курсу необходимо набрать минимум 60 баллов.

## **11. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ ПРЕПОДАВАТЕЛЕЙ**

Комплекс дисциплины предполагает ряд основных видов работы:

- аудиторная работа в виде лекций и практических занятий,
- самостоятельная работа,
- выполнение домашних заданий,
- выполнение контрольных работ.

Перечисленные виды работы составляют целостную систему обучения, обеспечивающую разностороннюю подготовку обучающегося и призваны к приобретению новых компетенций и повышению уровня его компетентности.

Структура курса предполагает освоение каждой предлагаемой темы в несколько этапов.

Начальный этап предусматривает проведение лекционных занятий.

На последующих этапах проводятся практические занятия, на которых студенты демонстрируют знания лекционного материала, подготовленность к занятиям, выполнение домашнего задания. Также предполагается самостоятельная работа студента по предложенным темам с последующим контролем со стороны преподавателя.

На заключительном этапе работы студентам предлагается выполнение контрольных работ.

Текущий контроль: в течение семестра выполняются следующие контрольные мероприятия:

- выполнение домашнего задания;
- выполнение контрольных работ.

Результаты выполнения контрольных мероприятий являются основанием для допуска к промежуточному контролю по дисциплине.

Промежуточный контроль осуществляется методом проверки и оценки ответов на предложенные вопросы.

Система оценки успеваемости студента

Для оценки успеваемости студента применяется 100-балльная система, которая позволяет учитывать работу студента в течение семестра и ответ на предложенные вопросы на экзамене.

Учебная работа студента в семестре оценивается по следующим категориям: показатели посещаемости и эффективности работы на каждом занятии, результаты выполнения контрольных мероприятий.

Максимальное количество баллов, которое студент может получить в ходе аудиторной и самостоятельной работы в семестре, составляет 50 баллов.

Минимальное количество баллов, которое необходимо для допуска студента к промежуточной аттестации, составляет 30 баллов.

По итогам семестра проводится промежуточная аттестация, которая включает в себя письменный и устный ответ на предложенные вопросы.

В совокупности за промежуточную аттестацию студент может получить 50 баллов.

Итого, максимальная оценка по курсу по итогам семестра составляет 100 баллов, для аттестации по курсу необходимо набрать минимум 60 баллов.

Автор(ы):

Алещенко Юрий Анатольевич, д.ф.-м.н., с.н.с.