

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
(МИНОБРНАУКИ РОССИИ)

Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего образования  
«Донбасский государственный технический университет»  
(ФГБОУ ВО «ДонГТУ»)

Факультет автоматизации производственных процессов

Кафедра электроники и радиофизики



**УТВЕРЖДАЮ**

Заместитель председателя приемной комиссии

Приемная  
комиссия

А.В. Кунченко

29 февраля 2024

## ПРОГРАММА

### профессионального аттестационного экзамена

при поступлении на обучение по ОПОП ВО – магистратуры  
на основе ВО – бакалавриата, специалитета

Код и наименование укрупненной группы  
направлений подготовки – 03.00.00 «Физика и астрономия»

Код и наименование направления подготовки  
03.04.03 «Радиофизика»

Образовательная программа «Инженерно-физические технологии в  
промышленности»

Рассмотрено и одобрено на заседании  
кафедры ЭРФ, протокол № 8 от 27.02.2024

Председатель профессиональной  
аттестационной комиссии

А. М. Афанасьев

Алчевск, 2024

# ПРОГРАММА ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО АТТЕСТАЦИОННОГО ЭКЗАМЕНА

## Тема 1. Теоретическая и квантовая механика

Уравнения движения; инвариантность, законы движения, фазовое пространство. Функция Лагранжа и уравнения Лагранжа. Функция Гамильтона и канонические уравнения; уравнение Гамильтона-Якоби. Осциллятор в среде. Консервативные системы с конкурирующими силами. Вынуждающая сила; осциллятор под действием вынуждающей силы, вынуждающая сила и диссипация. Адиабатический инвариант. Системы с несколькими степенями свободы, задача двух тел, абсолютно твердое тело, многомерный осциллятор.

Математический аппарат квантовой механики. Принцип суперпозиции состояний. Эрмитовость операторов физических величин. Уравнение Шредингера и его решения для ряда модельных потенциалов. Теория орбитального момента. Движение в центрально-симметричном поле; Гармонический осциллятор. Теория возмущений для вырожденных и невырожденных состояний. Теория квантовых переходов под влиянием зависящих от времени возмущений. Правила отбора для излучения и поглощения света. Спиновые состояния. Матрицы Паули. Тождественность частиц.

## Тема 2. Распространение электромагнитных волн

Частотные диапазоны и особенности их использования в земных условиях. Излучение электромагнитных волн. Поле в ближней и дальней зонах, мощность и сопротивление излучения. Диаграмма направленности. Область пространства, существенная для распространения электромагнитных волн. Распространение электромагнитных волн в однородной изотропной среде без потерь.

Волновые уравнения. Свойства плоской волны. Распространение электромагнитных волн в проводящей среде. Отражение и преломление электромагнитных волн на границе раздела двух сред.

Прямоугольные и круглые волноводы и особенности распространения в них электромагнитных волн. Коаксиальные линии передачи: структура поля, области применения. Двухпроводная линия передачи: структура поля, параметры волны. Световоды. Типы световодов, параметры, структура поля. Особенности дисперсии и критического режима. Затухание в световодах. Возбуждение световода.

Атмосфера как канал передачи информации с помощью электромагнитных волн. Основные сведения о земной атмосфере и ее влияние на распространение электромагнитных волн различных диапазонов. Особенности распространения электромагнитных волн в тропосфере. Взаимодействие радиоволн с ионосферой.

Флуктуации параметров электромагнитных волн в турбулентной среде. Распространение электромагнитных волн в городских условиях. Беспроводные

интерфейсы и сети. Особенности распространения и использования волн инфракрасного и ультрафиолетового диапазонов.

### **Тема 3. Статистическая радиофизика**

Элементы теории вероятностей и случайных процессов. Случайные события и случайные величины. Распределения вероятностей. Моменты распределения и дисперсия. Характеристическая функция. Случайные процессы. Классификация и реализация случайных процессов. Моментные функции. Стационарные и эргодические случайные процессы. Свойства корреляционных функций стационарных случайных процессов. Совокупность случайных процессов. Нормальные процессы. Случайные процессы в линейных системах. Принцип суперпозиции.

Спектральное и временное описание линейных систем. Функция Грина. Связь коэффициента передачи с функцией Грина. Преобразование корреляционных функций и спектров. Воздействие белого шума на линейную систему. Дифференцирующая и интегрирующая цепочки. Преобразование вероятностных распределений.

### **Тема 4. Физическая и полупроводниковая электроника**

Этапы развития полупроводниковой и физической электроники. Движение зарядов в электрическом поле. Энергетика взаимодействия электрических зарядов с электрическим полем. Движение зарядов в тормозящем электрическом поле. Отклонение траектории зарядов поперечным электрическим полем. Магнитная составляющая силы Лоренца. Управление потоком заряженных частиц магнитным полем. Кинескоп. Магнитные масс-спектрометры и масс-сепараторы. Дрейф зарядов в магнитном поле. Магнетрон. Градиентный дрейф. Движение заряженных частиц в неоднородном магнитном поле. Магнитное зеркало. Магнитная ловушка. Радиационные пояса.

Электронная оптика в электрических полях. Преломление траектории заряда на двойном электрическом слое. Фокусировка зарядов в аксиально-симметричном поле. Иммерсионный объектив. Иммерсионная линза. Одиночная линза. Электронная пушка (электронный прожектор) современной электронно-лучевой трубки. Электронная оптика в магнитных полях. Фокусирующие качества аксиально-симметричного магнитного поля. Магнитная линза. Фокусировка электронов в кинескопе. Электронный микроскоп.

Электронная оптика пучков с большим током. Работа выхода. Термоэлектронная эмиссия. Формула Ричардсона-Дешмена. Силы электрического изображения и работы выхода. Эффект Шоттки. Пленочные термокатоды. Полупроводниковые термокатоды. Оксидный термокатод. Электронные лампы. Вольт-амперная характеристика вакуумного диода. Физические основы работы вакуумных триодов, тетродов, пентодов. Термоэлектронный преобразователь энергии. Автоэлектронная эмиссия.

Фотоэлектронная эмиссия. Основные закономерности. Сложные фотокатоды. Фотоэлектронные устройства. Вторичная электронная эмиссия и ее использование в приборах. Фотоэлектронные и вторичные электронные умножители.

Фазовая фокусировка. Клистрон. Взаимодействие электронного потока с высокочастотными электрическими полями и с замедленными бегущими электромагнитными волнами. Лампа бегущей волны.

Элементарные процессы при столкновениях электронов с атомами и молекулами. Несамостоятельный разряд и его применение в приборах. Тлеющий разряд. Приборы тлеющего разряда. Физические основы дугового и искрового разряда. ВЧ и СВЧ разряды. Коронный разряд. Применение разрядов.

Зонная структура полупроводников. Носители заряда в полупроводниках: дырки и электроны. Уровень Ферми. Контактные явления. Работа выхода. Контакт металл-металл, металл-полупроводник. Электронно-дырочный переход. Основные параметры перехода. Равновесное и неравновесное состояние перехода.

Полупроводниковые диоды. Вольт-амперная характеристика (ВАХ) идеального диода. Применение диодов. Биполярные транзисторы. Структура, режимы работы, схемы включения. Принцип действия. Переходные процессы в биполярном транзисторе. Частотные характеристики транзистора. Тиристоры. Структура, основные физические процессы в тиристорах, принцип действия. Вольт-амперная характеристика. Двухтранзисторная модель. Эффект поля. Униполярные транзисторы с управляющим n-p переходом и переходом металл-полупроводник. Эффект поля в полупроводниках. Полевые транзисторы. Оптоэлектронные приборы и приборы с объемными эффектами.

## **Тема 5. Квантовая радиофизика и плазменная электроника**

Теоретические основы квантовой радиофизики. Взаимодействие излучения с веществом. Резонаторы СВЧ и оптического диапазонов. Методы создания инверсии в оптическом диапазоне. Стационарная и импульсная инверсия. Виды приборов квантовой электроники, методы накачки и создания инверсии в квантовых приборах СВЧ диапазона и лазерах, типы наиболее эффективных лазеров и важнейшие их применения. Квантовые приборы СВЧ диапазона: мазеры, квантовые парамагнитные усилители, приборы, использующие ЯМР. Методы создания инверсии в квантовых приборах оптического диапазона – лазерах, типы лазеров. Важнейшие применения приборов квантовой радиофизики

Основные понятия плазменной электроники электрический разряд в газах; процессы в плазме; излучение плазмы; диагностика плазмы; ионные приборы; ионные приборы обработки и отображения информации. Параметры плазмы и их определение. Диффузионная теория плазмы. Особенности теории плазмы низкого и высокого давлений. Излучение плазмы и его применение в приборах.

## **Тема 6. Радиоэлектроника. Радиофизические измерения**

Электрические сигналы и цепи. Транзисторы и усилительные каскады: электрический сигнал и его спектр, модуляция; цепи с сосредоточенными и распределенными параметрами;

Обратная связь в усилительных устройствах; импульсные усилители; усилители мощности и дифференциальные усилители. Операционные усилители и генераторы. Основы импульсной и цифровой техники: микросхемы и основы теории операционных усилителей, примеры их применения; построения генераторов гармонических колебаний; автогенераторы; триггеры и мультивибраторы; основы алгебры логики; сумматоры, мультиплексоры и триггеры; ЦАП и АЦП.

Метрологические основы радиофизических измерений. Виды измерений и их классификация. Методы измерений и их классификация. Средства измерений и их классификация. Основные метрологические характеристики средств измерений. Погрешности измерений и их классификация. Классы точности средств измерений.

Методы и средства радиофизических измерений. Измерение тока и напряжения электромеханическими приборами. Электронные вольтметры. Измерение электрической мощности. Измерение параметров цепей с сосредоточенными параметрами. Исследование формы сигналов. Измерение частоты и временных параметров электромагнитных колебаний. Измерение разности фаз. Анализ спектров. Измерение параметров линейных СВЧ устройств. Измерение лазерных параметров.

## **Тема 7. Антенные системы**

Основные характеристики и параметры антенн. Классификация антенн. Структурная схема антенны. Эквивалентная схема антенны. Параметры антенны как нагрузки передатчика. Векторная комплексная диаграмма направленности (ДН) антенны. Вторичные параметры, характеризующие направленные свойства передающих антенн. Принцип взаимности и параметры приемных антенн.

Излучатели и антенные решетки. Параметры и характеристики симметричного вибратора. Щелевые антенны. Микрополосковые антенны. Стержневые антенны. Спиральные антенны. Рупорные антенны. Зеркальные антенны. Линзовые антенны. Типы антенных решеток (АР).

## **Тема 8. Электродинамика СВЧ. Физика и техника СВЧ**

Основные уравнения электродинамики. Электростатическое поле. Стационарное электромагнитное поле. Квазистационарное электромагнитное поле. Энергия и мощность электромагнитного поля. Излучение электромагнитных волн. Электромагнитные волны в неограниченных средах. Граничные условия. Волновые явления на границе раздела двух сред.

Методы решения задач распространения волн в различных средах. Описание основных эффектов волновых процессов в радиофизике. Электромагнитные волны в регулярных однородных линиях передачи. Открытые линии передачи и волноводы. Характеристики линий передачи конечной длины. Нерегулярные линии передачи. Объемные резонаторы.

Общие вопросы передающих СВЧ линий. Понятие о волноводе и полом резонаторе. Другие волноведущие системы. Типы волн, распространяющихся по передающим линиям. Критическая длина волны. Методы решения уравнений поля в однородных волноводах. Передача энергии по волноводам. Возбуждение волноводов. Выбор типа волны, формы и размеров сечения.

Элементы и устройства сверхвысоких частот. Элементы волноводной техники. Сочленение волноводов. Согласованные нагрузки. Атенуаторы. Детекторные головки. Измерительные линии. Направленные ответвители. Фильтры СВЧ. Ферриты в технике СВЧ.

Особенности измерения физических величин в СВЧ диапазоне. Параметры и характеристики сигналов, используемые в СВЧ диапазоне. Принципы и методы измерения параметров сигналов в СВЧ диапазоне. Физические принципы, лежащие в основе построения средств измерения СВЧ диапазона. Виды существующей измерительной аппаратуры СВЧ диапазона.

## **ПОРЯДОК ПРОВЕДЕНИЯ ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО АТТЕСТАЦИОННОГО ЭКЗАМЕНА (ПАЭ) И КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ ОТВЕТОВ**

ПАЭ проводится в форме письменного экзамена. Для проведения экзамена формируются отдельные группы абитуриентов в порядке поступления (регистрации) документов. Список абитуриентов, допущенных к сдаче ПАЭ, формируется председателем отборочной комиссии факультета.

Для проведения экзамена профессиональной аттестационной комиссией предварительно готовятся задания согласно «Программы профессионального аттестационного экзамена». Программа ПАЭ обнародуется на официальном веб-сайте ФГБОУ ВО «ДонГТУ».

ПАЭ проводится в сроки, предусмотренные «Правилами приема в ФГБОУ ВО «ДонГТУ» в 2024 году».

На экзамен абитуриент должен явиться с паспортом, шариковой ручкой синего цвета и листом результатов вступительных экзаменов, который выдается секретарем отборочной комиссии факультета.

В начале ПАЭ абитуриент получает бланк экзаменационного задания, которое содержит 2 теоретических вопроса и задачу по дисциплинам, которые указаны в программе ПАЭ, и выполняет эти задания в течение 90 минут. Ответы фиксируются в бланке «Письменная работа». Правильный ответ на каждый теоретический вопрос оценивается 30 баллов, правильно решенная задача - 40

баллов. Пользоваться во время сдачи ПАЭ печатными или электронными информационными средствами запрещается.

Уровень подготовки	Требования уровня подготовки согласно критериям оценивания	Балл по стообальной шкале
«отлично»	Абитуриент глубоко и в полном объеме владеет программным материалом. В тестовых ответах допущено не более 10% ошибок.	90-100
«хорошо»	Абитуриент знает программный материал. В тестовых ответах допущено не более 35% ошибок.	74-89
«удовлетворительно»	Абитуриент знает только основной материал. В тестовых ответах допущено от 25% до 65% ошибок.	25-73
«неудовлетворительно»	Абитуриент не знает значительной части программного материала. В тестовых ответах допущено более 75% ошибок.	0-24

Результаты ПАЭ оцениваются по 100-бальной шкале по правилам, которые указаны в разделе «Критерии оценивания» данной программы. Уровень знаний поступающего по результатам тестирования заносится в ведомости и подтверждается подписями членов комиссии по проведению ПАЭ. Ведомость оформляется одновременно с листом результатов вступительных экзаменов поступающего и передается в приёмную комиссию.

Абитуриент должен набрать не меньше 25 баллов. Это позволит абитуриенту принять участие в конкурсе при поступлении в ФГБОУ ВО «ДонГТУ».

## РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

**а) основная литература:**

1. Савельев И.В. Курс общей физики. Учебное пособие для вузов в 5 книгах. М: Астрель, ООО «Издательство АСТ», 2006.
2. ФришС.Э. Курс общей физики: учебник в 3-х т. Санкт- Петербург, Лань, 2009.
3. Матвеев А.Н. Механика и теория относительности. Учебное пособие. Санкт-Петербург, Лань, 2009.-336 с.
4. Тополов В.Ю., Богатин А.С. Анализ ответов при решении задач по общей физике. Санкт-Петербург: Лань, 2011
5. Сивухин Д. В.. Общий курс физики. Т.3. Электричество. –М: Физматлит, 2006г.
6. Григорьев А.Д. Методы вычислительной электродинамики. М: Физматлит, 2012 г. 432 стр.
7. Иванов А. Е., Иванов С. А. Электродинамика: учебник для вузов. Издательство: КноРус. 2016. - 576 стр.
8. Трофимова Т.И. Курс физики. М.: 2006.— 560 с.
9. Никеров В.А. Физика. Современный курс. 2012. М.: Дашков и К. – 452с.
10. Ишханов Б.С., Капитонов И.М., Юдин Н.П. Частицы и атомные ядра, М. URSS.2007.

**б) дополнительная литература:**

- 1) Кингсеп А. С, Локшин Г. Р., Ольхов О. А. Основы физики. Курс общей физики: Учебник. В 2 т. Т. 1. Механика, электричество и магнетизм, колебания и волны, волновая оптика / Под ред. А.С. Кингсеп. — М.: ФИЗМАТЛИТ, 2001.
- 2) Белонучкин В.Е., Заикин Д. А., Ципенюк Ю.М., Основы физики. Курс общей физики: Учебник В 2 т. Т. 2. Квантовая и статистическая физика / Под ред.Ю.М. Ципенюка. - М.: ФИЗМАТЛИТ, 2001.
- 3) Трофимова Т.И. Курс физики: уч. Пособие для инженерно-технических специальностей. М., Академия, 2008, 560с.
- 4) Турик А.В., Гармашов С.И. Основы теории колебаний. Учебное пособие. Части 1, 2, 3. Ростов-на-Дону, 2009.
- 5) Ахманов С.А., Никитин С.Ю. Физическая оптика. 2-е изд. 2004. -М., Наука. 656с.