

**МИНПРОСВЕЩЕНИЯ РОССИИ**  
**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение**  
**высшего образования**  
**«Волгоградский государственный социально-педагогический**  
**университет»**  
**(ФГБОУ ВО «ВГСПУ»)**

Кафедра высшей математики и физики



**Программа вступительного экзамена по специальной дисциплине**  
**«Физическая электроника»**

для приема на обучение по программам подготовки  
научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре  
по научной специальности  
1.3.5. Физическая электроника

Волгоград

2023

## I. Общая и теоретическая физика

1. Кинематика и динамика. Системы отсчета и системы координат. Понятие времени. Периодические процессы. Синхронизация часов. Кинематика материальной точки.
2. Силы и взаимодействие. Законы Ньютона. Масса, как мера инертности. Инерциальные системы отсчета. Принцип относительности Галилея.
3. Основные представления специальной теории относительности. Преобразования Лоренца. Кинематические следствия из преобразований Лоренца. Релятивистское уравнение движения. Релятивистская масса,
4. Момент импульса материальной точки. Момент силы. Уравнение моментов. Уравнение моментов для системы материальных точек. Центр масс.
5. Работа силы и энергия. Силовое поле. Кинетическая энергия. Потенциальная энергия. Законы сохранения импульса, момента импульса и энергии в нерелятивистском и релятивистском случае. Соотношение между массой и энергией.
6. Уравнение движения твердого тела. Понятие о тензоре инерции. Главные оси и главные моменты инерции. Кинетическая энергия произвольно движущегося твердого тела.
7. Продольные и поперечные волны. Волновое уравнение. Бегущие волны. Фазовая групповая скорости, дисперсия. Интерференция, дифракция и поляризация волн. Стоячие волны.
8. Статистическое описание системы многих частиц, Макросостояния и микросостояния статистической системы. Связь между вероятностью макросостояния и числом микросостояний, осуществляющих данное макросостояние. Равновесное состояние, как наиболее вероятное.
9. Идеальный газ, как модель простейшей статистической системы. Средние величины. Средние по времени и средние по ансамблю. Связь между ними в равновесном состоянии. Флуктуации.
10. Основные характеристики молекулярного движения: средняя скорость, средняя частота столкновений, средняя длина свободного пробега, поперечные газокинетические сечения.
11. Распределение молекул газа в поле потенциальных сил - распределение Больцмана. Барометрическая формула. Процессы переноса, диффузия, теплопроводность и внутреннее трение. Свойства разреженных газов.
12. Классическая теория теплоемкости газов. Теплоемкость твердых тел.
13. Метод термодинамики и его сопоставление со статистическим методом. Термодинамическое равновесие. Первое начало термодинамики. Обратимые и

необратимые процессы. Циклы. Цикл Карно. Второе начало термодинамики. Энтропия.

14. Силы электромагнитного взаимодействия. Микроскопические носители зарядов. Сохранение и квантование заряда. Закон Кулона. Электрическое поле. Теорема Гаусса.

15. Энергия взаимодействия зарядов. Энергия заряженных проводников. Энергия электрического поля. Плотность энергии поля.

16. Диэлектрики в электростатическом поле. Молекулярная картина поляризации диэлектриков. Вектор поляризации. Электрическая индукция, диэлектрическая проницаемость. Поле заряда в диэлектрике. Теорема Гаусса для диэлектриков.

17. Постоянный электрический ток. Сила и плотность тока. Уравнение непрерывности и условие стационарности тока, дифференциальная форма закона Ома и Джоуля-Ленца. Закон Видемана-Франца. Классическая теория электропроводности металлов.

18. Основы квантовой теории электропроводности твердых тел. Понятие о зонной теории. Металлы, изоляторы и полупроводники, Собственная и примесная проводимость полупроводников. Сверхпроводимость.

19. Контактная разность потенциалов. Термоэлектродвижущая сила. Эффект Пельтье. Эффект Томсона. Контактные явления в полупроводниках.

20. Электропроводность газов. Ионизация и рекомбинация ионов. Несамостоятельная и самостоятельная проводимость. Основные типы газового разряда. Плазменное состояние вещества.

21. Поле заряда, движущегося с постоянной скоростью. Сила, действующая на движущийся заряд. Взаимодействие между движущимся зарядом и другими движущимися зарядами. Магнитные силы. Сила Лоренца. Вектор магнитной индукции.

22. Магнитное поле. Силы, действующие на ток в магнитном поле. Магнитное поле тока. Закон Био-Савара. Циркуляция вектора магнитной индукции. Вихревой характер магнитного поля. Электропроводность в магнитном поле. Эффект Холла.

23. Магнитное поле в веществе. Электрические токи в атомах. Спин электрона. Магнитный момент. Гиромагнитное отношение. Вектор намагничивания. Магнитная восприимчивость и проницаемость. Магнитное поле при наличии магнетиков. Теорема о циркуляции магнитного поля в веществе.

24. Пара- и диамагнетизм. Ферромагнетики. Зависимость ферромагнитных свойств от температуры. Доменная структура. Магнитные свойства сверхпроводников.

25. Электромагнитная индукция. Правило Ленца. Закон электромагнитной индукции. Взаимная индукция. Самоиндукция. Магнитная энергия тока. Локализация

магнитной энергии в пространстве.

26. Система уравнений Максвелла. Инвариантность уравнений Максвелла относительно преобразований Лоренца. Электромагнитные волны. Скорость распространения электромагнитных возмущений. Движение электромагнитной энергии. Вектор Умова-Пойнтинга. Давление электромагнитных волн.

27. Атомы и молекулы. Закономерности в атомных спектрах. Ядерная модель атома. Теория Бора. Уровни энергии и способы их возбуждения.

28. Магнитные свойства атомов. Опыт Штерна и Герлаха. Спин электрона.

29. Корпускулярно-волновой дуализм. Эффект Комптона. Гипотеза де-Бройля. Дифракция электронов, атомов и молекул, нейтронов. Соотношение неопределенностей. Волновая функция. Уравнение Шредингера.

30. Решение уравнения Шредингера для атома водорода. Значения физических величин в стационарных состояниях. Квантование проекции момента импульса. Квантовые числа и их физический смысл. Правило отбора для квантовых чисел.

31. Неразличимость одинаковых микрочастиц. Симметричные и антисимметричные волновые функции, Бозоны и фермионы. Принцип Паули.

32. Спектры атомов. Спин-орбитальное взаимодействие и тонкая структура спектров. Дублетная структура линий в спектре щелочных металлов. Тонкая структура спектральных линий водорода.

33. Эффект Зеемана в слабых и сильных магнитных полях. Эффект Пашена-Бака. Электронный парамагнитный резонанс. Циклотронный резонанс.

34. Строение и спектры молекул. Типы химических связей в молекуле. Вращательные, колебательные и электронные уровни энергии и переходы между ними. Спектры молекул и молекулярные константы.

35. Элементы теории твердых тел. Квантовая природа симметрии кристаллов. Периодичность потенциала и одноэлектронных волновых функций для кристаллической решетки. Основные представления зонной теории твердых тел. Металлы и полупроводники.

36. Свойства атомных ядер. Статические характеристики ядер. Состав ядра. Электрический и барионный заряды. Энергия связи ядра. Дефект масс. Спин ядра и его магнитный момент. Ядерный магнитный резонанс. Размеры ядер. Форма ядер, квадрупольный момент. Четность ядра.

37. Ядерные силы и их свойства. Эффективное сечение взаимодействия. Виды ядерных потенциалов. Обменный характер ядерных сил. Мезонная теория ядерных сил. Структура нуклона.

38. Взаимодействие ядерного излучения с веществом. Взаимодействие заряженных частиц со средой. Ионизационные потери, пробеги. Кулоновское взаимодействие. Ядерные взаимодействия. Тормозное излучение. Излучение Вавилова-Черенкова.
39. Деление ядер. Энергия активации. Порог реакции. Энергия деления. Цепная реакция деления. Ядерные реакторы. Атомные электростанции. Термоядерный синтез. Перспективы термоядерной энергетики.
40. Элементарные частицы. Классификация известных фундаментальных частиц. Спин. Масса. Частицы-античастицы. Время жизни. Схемы распада.
41. Различные виды взаимодействия между частицами. Универсальность слабых взаимодействий. Закон сохранения лептонного и барионного зарядов. Изотопический спин. Несохранение четности в слабых взаимодействиях.
42. Электромагнитная структура нуклона. Модель кварков. Партонная модель.
43. Космические лучи. Первичное космическое излучение. Прохождение космического излучения через атмосферу. Каскадные процессы. Электронно-ядерные ливни. Временные изменения интенсивности космических лучей. Радиационные пояса.
44. Представление о нейтронных звездах, пульсарах, черных дырах.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Сивухин, Д.В. Общий курс физики: Учеб. пособие: Для вузов. В 5 т. – М.: Физматлит, 2009.
2. Савельев, И.В. Курс общей физики. – В 3 т. – М.: Физматлит, 2010.
3. Иродов, И.Е. Основные законы электромагнетизма: Учеб. пособие для вузов. – М.: Высш. шк., 1983. – 279 с.
4. Квасников, И.А. Термодинамика и статистическая физика. Т. 1: Теория равновесных систем: Термодинамика. Учебное пособие. Изд. 3-е, перераб. – М.: Книжный дом Либроком, 2011. – 328 с.
5. Квасников, И.А. Термодинамика и статистическая физика. Т. 3: Теория неравновесных систем: Учебное пособие. Изд. 3-е. – М.: Едиториал УРСС, 2011. – 448 с.
6. Квасников, И.А. Термодинамика и статистическая физика: Квантовая статистика: Учебное пособие. Т. 4. Изд. стереотип. – М.: КомКнига, 2011. – 352 с.
7. Ландау, Л.Д. Теоретическая физика. – В 10 т. / Л.Д. Ландау, Е.М. Лифшиц. – М.: Физматлит, 2006.
8. Арфкен, Г. Математические методы в физике. – Перев. с англ. – М.: Атомиздат, 1970. – 712 с.

## II. Физическая электроника

1. Основы зонной теории кристаллического твердого тела. Распределение электронов по энергиям в металлах. Положение уровня Ферми в случаях невырожденного и сильновырожденного электронного газа.
2. Термоэлектронная эмиссия. Статистический вывод основного уравнения. Зависимость работы выхода от температуры. Влияние электрического поля на термоэлектронную эмиссию металлов. Температура Шоттки.
3. Влияние электрического поля на термоэлектронную эмиссию полупроводников. Приповерхностный изгиб зон в полупроводниках. Влияние наличия поверхностных состояний на работу выхода поверхности.
4. Вольтамперная характеристика плоского диода. Нормальный и аномальный эффекты Шоттки.
5. Автоэлектронная эмиссия из металлов. Термоавтоэлектронная эмиссия. Измерение распределения по энергиям автоэлектронов.
6. Полевая электронная микроскопия. Сканирующий туннельный микроскоп.
7. Взрывная эмиссия электронов: физика процесса, время запаздывания, длительность импульса. Взрывная эмиссия электронов. Физические различия явлений автоэлектронной и взрывной эмиссий.
8. Спонтанное и индуцированное излучение электронов-осцилляторов. Линейная и квадратичная группировка в ансамбле электронов-осцилляторов.
9. Неустойчивость Пирса. Условие развития неустойчивости Пирса.
10. Основные результаты теории нелинейных волн пространственного заряда.
11. Дрейфовое приближение при описании движения электронов в скрещенных статических электрическом и магнитном полях и в поле бегущей волны.
12. Механизм фазировки в скрещенных электрическом и магнитном полях и в поле бегущей волны. Качественное описание процесса группирования электронов в бегущей волне.
13. Принципы работы лампы с бегущей обратной волной. Основные механизмы фазировки и ограничения мощности в ЛБВО.
14. Физическое представление о "горячих" электронах. Методы теоретического исследования "горячих" электронов. Пороговая энергия ударной ионизации. Плотность тока эмиссии "горячих" электронов. Эмиттер горячих электронов на основе p-n и p-n-p переходов.
15. Эмиттеры на основе структуры металл-диэлектрик-металл. Эмиссия "горячих" электронов из диспергированных металлических пленок.

16. Эмиссия электронов из структуры полупроводник-металл. Эмиссия электронов из тонкой положительно заряженной пленки диэлектрика.
17. Теория Фаулера фотоэлектронной эмиссии из металлов.
18. Основы квантово-механической теории фотовозбуждения электронов. Поверхностный и объемный фотоэффекты. Особенности фотоэлектронной эмиссии полупроводников. Прямые и непрямые переходы.
19. Физико-химические основы формирования нанобъектов. Понятие «квантоворазмерные эффекты». Базовые материалы нанотехнологии и их применение.
20. Основы нанотранзисторов. Основы работы одноэлектронных транзисторов.
21. Принцип действия устройств гибкой электроники и прозрачной электроники.
22. Физические основы процессов сборки и самосборки наноструктур.
23. Фотодетекторы на квантовых ямах и сверхрешетках. Светомодуляторы на квантовых ямах.
24. Интегральные схемы на базе модифицированного графена
25. Углеродная нанотехнология: технологии создания наноструктурированных углеродных материалов, квантовые эффекты в низкоразмерных углеродных структурах, принципы работы нанотехнологических приборов.
26. Электронные устройства на базе графена: биосенсоры, фотодетекторы, наногенераторы электромагнитных волн.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Жеребцов И.П. Основы электроники, Л., Энергоатомиздат, 1985.
2. Епифанов Е.И., Мома Ю.А. Твердотельная электроника, М., Высшая школа, 1986, 303 с.
3. Гусева М.Б., Дубинина Е.М. Физические основы твердотельной электроники, М., МГУ, 1986, 311 с.
4. Карлов Н.В., Кириченко Н.А. Колебания, волны, структуры. Издательство: ФИЗМАТЛИТ, 2008.
5. Левин Б.Р. Теоретические основы статистической радиотехники. -- М.: Радио и связь, 1989.