

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
ФГБОУ ВО «Алтайский государственный университет»

ПРОГРАММА
вступительного испытания для поступающих
в магистратуру ИЦТЭФ

Направление подготовки
03.04.03 Радиофизика

профиль «Электромагнитные волны в средах»

Экзамен по направлению «Радиофизика»
(письменно)

2024

I. Вводные замечания

1. Форма проведения экзамена – письменно. Продолжительность экзамена – 3 астрономических часа. Каждый экзаменационный билет содержит четыре вопроса. В качестве вопросов формулируются основные положения из предметной области, предполагающие их развернутое обоснование при ответе.

2. Критерий оценки. Каждый вопрос оценивается от 0 до 25 баллов. Итоговая экзаменационная оценка формируется по сумме баллов. Минимальное количество баллов, дающее право участвовать в конкурсе на поступление в магистратуру - 30.

II. Программа вступительных испытаний

а) По разделу общих естественнонаучных и математических дисциплин

Кинематика материальной точки. Динамика материальной точки. Преобразования Галилея. Законы сохранения. Кинематика и динамика твердого тела. Колебательное движение. Идеальный газ. Понятие температуры. Распределение молекул газа по скоростям. Первое начало термодинамики. Циклические процессы. Второе начало термодинамики. Понятие энтропии термодинамической системы. Электростатика. Проводники в электростатическом поле. Диэлектрики в электростатическом поле. Постоянный электрический ток. Механизмы электропроводности. Контактные явления. Магнетики. Ферромагнетики и их основные свойства. Электромагнитная индукция. Энергия магнитного поля. Электромагнитные колебания. Переменный ток. Технические применения переменного тока. Уравнения Максвелла в интегральной и дифференциальной форме. Излучение электромагнитных волн. Основы электромагнитной теории света. Явление интерференции. Когерентность волн. Явление дифракции. Понятие о теории дифракции Кирхгофа. Поляризация света. Отражение и преломление света на границе раздела изотропных диэлектриков. Дисперсия света. Тепловое излучение конденсированных сред. Основные экспериментальные данные о строении атома. Основы квантово-механических представлений о строении атома. Одноэлектронный атом.

Многоэлектронные атомы. Молекула. Макроскопические квантовые явления. Статистические распределения Ферми-Дирака и Бозе-Эйнштейна. Энергия Ферми. Свойства атомных ядер. Радиоактивность. Нуклон-нуклонное взаимодействие и свойства ядерных сил. Модели атомных ядер. Ядерные реакции. Современные астрофизические представления. Пределы и непрерывность функции. Производная функции. Неопределенный и определенный интегралы. Матрицы и определители. Системы линейных уравнений. Скалярное и векторное поле. Основные операции векторного анализа. Формулы Грина, Гаусса-Остроградского, Стокса. Комплексные числа. Аналитические функции и их свойства. Интеграл по комплексной переменной. Интеграл Коши. Преобразование Лапласа. Понятие обыкновенного дифференциального уравнения. Уравнения первого порядка. Уравнения высших порядков. Уравнения в частных производных первого порядка. Однородное и неоднородное уравнения Фредгольма второго рода. Задача Штурма-Лиувилля. Понятие о корректно и некорректно поставленных задачах. Физические задачи, приводящие к уравнениям в частных производных. Классификация уравнений в частных производных второго порядка. Общая схема метода разделения переменных. Специальные функции математической физики. Краевые задачи для уравнения Лапласа. Уравнения параболического типа. Уравнения гиперболического типа. Микроскопические уравнения Максвелла. Сохранение заряда, энергии, импульса, момента импульса. Потенциалы электромагнитного поля; калибровочная инвариантность. Мультипольные разложения потенциалов. Решения уравнений для потенциалов (запаздывающие потенциалы). Электромагнитные волны в вакууме. Излучение и рассеяние, радиационное трение. Принцип относительности. Релятивистская кинематика и динамика, четырехмерный формализм. Преобразования Лоренца. Тензор электромагнитного поля. Тензор энергии-импульса электромагнитного поля. Ковариантная запись уравнений и законов сохранения для электромагнитного поля и для частиц. Законы преобразования для напряженностей полей, для частоты и волнового вектора электромагнитной волны. Дуализм явлений микромира, дискретные свойства волн, волновые свойства частиц. Уравнение Шредингера. Принцип неопределенностей. Гармонический осциллятор, туннельный эффект. Теория возмущений. Теория рассеяния. Основные законы и методы термодинамики, начала термодинамики, термодинамические потенциалы, уравнения и неравенства. Основные представления, квантовые и классические функции распределения. Общие методы равновесной статистической механики, канонические распределения. Теория идеальных

систем. Статистическая теория неидеальных систем. Теория флуктуаций. Броуновское движение и случайные процессы.

б) По разделу общепрофессиональных дисциплин

Сигналы, линейные пассивные цепи, усилители электрических сигналов, генерирование колебаний, нелинейные преобразования сигналов, шумы в радиоцепях, аналоговые структуры, основы цифровой радиоэлектроники. Колебания и волны в линейных системах и упорядоченных структурах, устойчивость сосредоточенных и распределенных систем, параметрические системы, колебания в нелинейных системах с одной степенью свободы, автоколебательные системы, резонансное взаимодействие осцилляторов, простые волны и образование разрывов, стационарные волны в консервативных и автоколебательных распределенных системах, автоколебания в многомерных динамических системах. Понятия о волнах, плоские, цилиндрические и сферические монохроматические волны, волны в жидкостях и газах, волны в упругих твердых телах, электромагнитные волны в однородной изотропной плазме, электромагнитные волны в холодной магнитоактивной плазме, гидромагнитные волны, волны в неоднородных средах, нелинейные волновые процессы. Элементы теории случайных процессов, гауссовские, марковские, стационарные и эргодические случайные процессы, спектрально-корреляционный анализ случайных процессов и их преобразований, импульсные случайные процессы, шумы и флуктуации в радиотехнических системах, элементы теории оптимальной обработки сигналов, случайные поля. Контактные явления на границе металл-полупроводник, диоды с барьером Шоттки. Полупроводниковые диоды и их функциональные возможности. Диоды для усиления и генерации СВЧ сигналов, фотодиоды, светодиоды, полупроводниковые квантовые генераторы. Биполярные и полевые транзисторы, динисторы и тиристоры, переключатели и элементы памяти на основе МДМ и МДП-структур, приборы с зарядовой связью. Интегральные микросхемы. Электронная оптика, электронная эмиссия, электронные приборы СВЧ: клистроны, лампы бегущей волны О-типа, лампы обратной волны, магнетроны и магнетронные усилители, электронные мазеры и лазеры. Основные направления функциональной микроэлектроники: диэлектрическая электроника, оптоэлектроника, магнитоэлектроника, акустоэлектроника, криоэлектроника, хемотроника, биоэлектроника. Прогнозирование развития микроэлектроники.

Примерные вопросы к экзамену

1. Основные положения механики Ньютона.
2. Собственные колебания в консервативной системе с одной степенью свободы. Уравнение колебаний. Частота, амплитуда и фаза собственных колебаний.
3. Излучение электромагнитных волн совокупностью когерентных источников.
4. Понятие диэлектрической проницаемости в средах с частотной и пространственной дисперсией.
5. Интерференция света.
6. Принцип соответствия. Предельный переход от квантовой механике к классической.
7. Собственные полупроводники. Равновесное число носителей тока в собственном полупроводнике. Химический потенциал в собственном полупроводнике.
8. Принцип действия оптического квантового генератора.
9. Идеальный газ. Понятие температуры. Распределение молекул газа по скоростям.
10. Собственные колебания с поглощением. Уравнение затухающих колебаний. Декремент затухания.
11. Закон сохранения энергии для электромагнитного поля в веществе. Мощность сторонних источников. Плотность энергии. Плотность потока энергии. Вектор Умова-Пойнтинга.
12. Температурная зависимость концентрации основных носителей тока в донорном и акцепторном полупроводниках.
13. Первое начало термодинамики. Циклические процессы. Второе начало термодинамики. Понятие энтропии термодинамической системы.
14. Вынужденные колебания. Резонанс. Биения.
15. Уравнения Максвелла для вещества. Материальные уравнения. Диэлектрическая и магнитная проницаемость вещества.
16. Биполярный транзистор. Статические характеристики и коэффициент передачи тока в различных схемах включения.
17. Явление дифракции. Понятие о теории дифракции Кирхгофа. Поляризация света.
18. Основы квантово-механических представлений о строении атома. Одноэлектронный атом.
19. Контактные явления на границе металл-полупроводник, диоды с барьером Шоттки.
20. Собственные колебания системы с отрицательным затуханием. Сверхгенеративный приемник. Отрицательное сопротивление.

- Регулирование затухания колебаний.
21. Электростатика. Проводники и диэлектрики в электростатическом поле.
 22. Макроскопические квантовые явления. Статистические распределения Ферми-Дирака и Бозе-Эйнштейна.
 23. Неоднородные полупроводники. Контакт полупроводников n- и p-типа. Возникновение обедненного слоя. Возникновение запирающего электрического поля. Энергетическая диаграмма электрон-дырочного перехода. Высота запирающего потенциала.
 24. Изотропные и анизотропные среды. Частотная и пространственная дисперсия.
 25. Дуализм явлений микромира, дискретные свойства волн, волновые свойства частиц. Уравнение Шредингера.
 26. Тензор энергии-импульса электромагнитного поля.
 27. Полупроводниковый диод. Элементарная теория выпрямляющего действия p-n перехода (диодная теория). Ток генерации и ток рекомбинации.
 28. Принцип относительности. Релятивистская кинематика и динамика, четырехмерный формализм. Преобразования Лоренца.
 29. Интегральное преобразование Лапласа. Применение преобразования Лапласа к решению обыкновенных дифференциальных уравнений.
 30. Вынужденные колебания системы с затуханием. Комплексное сопротивление. Добротность. Анализ резонансных законов.
 31. Генератор с LC-контуром. Уравнение колебаний генератора. Баланс амплитуд, баланс фаз, частота колебаний генератора.
 32. Радиационные процессы в квантовой теории атома.
 33. Монохроматическое электромагнитное поле. Уравнения Максвелла для монохроматических полей. Комплексная диэлектрическая проницаемость для проводящего вещества.
 34. Классификация твердых тел по электропроводности с точки зрения зонной (квантовой) теории.
 35. Несобственные полупроводники. Донорные и акцепторные примеси. Донорные и акцепторные энергетические уровни. Положение донорного и акцепторного уровня.
 36. Уравнение переноса электромагнитного излучения в среде с поглощением и источниками излучения.
 37. Стационарная теория возмущений.
 38. Метод разделения переменных в задаче о колебаниях струны с закреплёнными концами.
 39. Параметрический резонанс. Энергетические соотношения в параметрическом конденсаторе. Связь между током и напряжением в параметрическом конденсаторе. Отрицательное сопротивление. Одноконтурный параметрический усилитель.
 40. Преобразование частоты колебаний. Резистивная параметрическая цепь. Супергетеродин. Зеркальный канал приема.
 41. Модели атомных ядер. Ядерные реакции.

42. Потенциалы электромагнитного поля; калибровочная инвариантность. Мультипольные разложения потенциалов. Решения уравнений для потенциалов (запаздывающие потенциалы).
43. Энергетические зоны в типичных полупроводниках германия и кремния. Эффективные массы. «Тяжёлые» и «лёгкие» дырки. «Продольные» и «поперечные» электроны.
44. Генератор с мостом Вина. Баланс амплитуд, баланс фаз, частота колебаний генератора.
45. Понятия о волнах, плоские, цилиндрические и сферические монохроматические волны. Электромагнитные волны в однородной изотропной плазме.
46. Квазистационарное электромагнитное поле. Скин-эффект. Толщина скин-слоя. Практическое использование скин-эффекта.
47. Спектр излучения оптических квантовых генераторов.
48. Полевой транзистор. Виды. Принципы действия и статические характеристики.
49. Решение линейных интегральных уравнений с вырожденным ядром.
50. Электрический и магнитный векторные потенциалы для монохроматических полей. Волновые уравнения для потенциалов.
51. Линейный излучатель. Поле излучения бесконечной нити тока. Рассмотрение поля в дальней зоне.
52. Правило усреднения энергетических характеристик в случае монохроматических во времени полей. Уравнение баланса энергии для средней за период мощности. Среднее за период значение вектора Умова-Пойнтинга.
53. Скатывание твердых тел с наклонной плоскости. Уравнение движения тела, скорость центра масс.
54. Возбуждение электромагнитного поля локализованным источником в безграничном пространстве. Решение неоднородного волнового уравнения для векторных потенциалов в этом случае. Функция Грина. Ее запись в декартовой и сферической системах координат.
55. Основные положения зонной теории твердых тел. Энергетические зоны. Запрещенная зона. Валентная зона. Зона проводимости. Прямые и не прямые запрещенные зоны. Эффективная масса электрона.
56. Мощность излучения элементарного диполя. Сопротивление излучения.
57. Отражение и прохождение плоской волны на плоской границе раздела двух сред. Вертикальная поляризация. Комплексные коэффициенты отражения и прохождения. Угол Брюстера.
58. Коэффициент усиления одноконтурного параметрического усилителя.
59. Операция дискретизации сигналов. Сигналы с ограниченным спектром. Теорема Котельникова.
60. Избирательность супергетеродинного приёмника по соседнему и зеркальному каналу.
61. Нестационарная теория возмущений. Понятие квантовых переходов.
62. Связь между током и напряжением в параметрическом конденсаторе.

63. Диффузионный и дрейфовый токи в полупроводниках. Время жизни и диффузионная длина неосновных носителей заряда.
64. Полупроводниковые диоды и их функциональные возможности.

III. Список учебно-методической литературы, достаточный для подготовки к вступительным испытаниям (в том числе для абитуриентов, поступающих не по профилю полученного ранее образования)

а) Общие естественнонаучные и математические дисциплины

1. Курош А. Г. Курс высшей алгебры: учеб. для вузов. – 17 изд. – СПб.:Лань, 2008. – 432 с.
2. Фихтенгольц Г.М. Основы математического анализа: учеб. Для вузов. – СПб.: Лань, 2008. – Т. 1. – 440 с.
3. Фихтенгольц Г.М. Основы математического анализа: учеб. Для вузов. – СПб.: Лань, 2008. – Т. 2. – 464 с.
4. Мальцев Ю.Н., Лашкеева В.Д. Высшая алгебра и аналитическая геометрия. – Барнаул: Издательство АлтГУ, 2000.
5. Методы математической физики: учеб. пособие для вузов / В.Г. Багров, В.В. Белов, В.Н. Задорожный, А.Ю. Трифонов. – Томск: Издательство научно-технической литературы, 2002. – Т. 1. Основы комплексного анализа. Элементы вариационного исчисления и теории обобщенных функций. – 672 с.
6. Методы математической физики: учеб. пособие для вузов / В.Г. Багров, В.В. Белов, В.Н. Задорожный, А.Ю. Трифонов. – Томск: Издательство научно-технической литературы, 2002. – Т. 2. Уравнения математической физики. – 664 с.
7. Сивухин Д.В. Общий курс физики: учеб. пособие для вузов: в 5-ти томах. – 4 изд. – М.: Физматлит, 2002. – Т. 1: Механика. – 560 с.
8. Сивухин Д.В. Общий курс физики: учеб. пособие для вузов: в 5-ти томах. – 4 изд. – М.: Физматлит, 2003. – Т. 2: Термодинамика и молекулярная физика. – 576 с.
9. Сивухин Д.В. Общий курс физики: учеб. пособие для вузов: в 5-ти томах. – 4 изд. – М.: Физматлит, 2002. – Т. 3: Электричество. – 656 с.
10. Сивухин Д.В. Общий курс физики: учеб. пособие для вузов: в 5-ти томах. – 3 изд. – М.: Физматлит, 2002. – Т. 4: Оптика. – 792 с.
11. Сивухин Д.В. Общий курс физики: учеб. пособие для вузов: в 5-ти томах. – 2 изд. – М.: Физматлит, 2002. – Т. 5: Атомная и ядерная физика. – 784 с.
12. Савельев И. В. Основы теоретической физики. – СПб., М., Краснодар: Лань, 2005. – Т. 2. Квантовая механика из Лучшие классические учебники. Физика. – 432 с. – Изд.3-е, стер.

13. Бахвалов Н. С., Жидков Н. П., Кобельков Г. М. Численные методы. – М.: Бином, 2007. – 636 с.
14. Батыгин В. В., Топтыгин И. Н. Современная электродинамика: учеб. пособие. – М.; Ижевск : Ин-т компьютер. исслед., 2003. – Т. 1 : Микроскопическая теория. – 736 с.
15. Топтыгин И. Н. Современная электродинамика: учеб. Пособие. – М. : Ин-т компьютер. исслед., 2005. – Т. 2 : Теория электромагнитных явлений в веществе. – 848 с.
16. Волков Е. А. Численные методы: учеб. пособие. – 5 изд. – СПб.: Лань, 2008. – 256 с.
17. Ансельм А.И. Основы статистической физики и термодинамики: учеб. пособие для вузов. – 2 изд. – СПб. : Лань, 2007. – 448 с.

б) Общепрофессиональные дисциплины

1. Стрелков С.П. Введение в теорию колебаний. – 3 изд. – СПб.: Лань, 2005. – 431 с.
2. Виноградова М.Б., Руденко О.В., Сухоруков А.П. Теория волн. – 2 изд. – М.: Наука, 1990. – 432 с.
3. Баскаков С.И. Радиотехнические цепи и сигналы: учеб. для вузов. – 3 изд. – М.: Высшая школа, 2000. – 462 с.
4. Кравченко А.Ф. Физические основы функциональной электроники: учеб. пособие для вузов / Под ред. И.Г. Неизвестного. – Новосибирск: Издательство НГУ, 2000. – 444 с.
5. Рытов С. М. Введение в статистическую радиофизику. Часть 1. Случайные процессы. – 2 изд. – М.: Наука, 1976. – 495 с.
6. Трубецков Д. И., Рожнев А. Г. Линейные колебания и волны: учеб. пособие для вузов. – М. : Физматлит, 2001. – 416 с.
7. Григорьев А. Д. Электродинамика и микроволновая техника: учебник. – СПб.: Лань, 2007. – 708 с.
8. Минаков А. А., Тырнов О. Ф. Статистическая радиофизика: учеб. для вузов. – Харьков : Изд-во ХНУ, 2003. – 540 с.
9. Куприянова Г.С. Практическая квантовая радиофизика: учеб. пособие. – Калининград : Российский государственный университет им. Иммануила Канта, 2008. – 128 с.
10. Ансельм А.И. Введение в теорию полупроводников: учеб. пособие для вузов. – 3 изд. – СПб.: Лань, 2008. – 624 с.