



МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования

«Московский технологический университет»

**МИРЭА**



УТВЕРЖДАЮ

Первый проректор

В.Л. Панков

« 28 » марта 2018 г.

**Программа вступительного экзамена**

Уровень высшего образования

**Подготовка кадров высшей квалификации**

Направление подготовки

**03.06.01 «Физика и астрономия»**

Направленность (научная специальность)

**01.04.03 «Радиофизика»**

Форма обучения – очная, заочная

Москва, 2018

## Раздел 1

1. Гармонические колебания. Энергия. Гармонический осциллятор. Малые колебания системы вблизи положения равновесия. Математический маятник. Физический маятник.
2. Сложение колебаний одинакового направления. Биения. Сложение взаимно перпендикулярных колебаний. Фигуры Лиссажу.
3. Понятие о свободных и вынужденных колебаниях.
4. Затухающие колебания. Автоколебания. Вынужденные колебания. Параметрический резонанс.
5. Линейные колебательные системы с одной степенью свободы.
6. Автоколебательная система с одной степенью свободы. Воздействие гармонического сигнала на автоколебательные системы. Синхронизация.
7. Аналитические и качественные методы теории нелинейных колебаний. Колебательные системы с двумя и многими степенями свободы. Нормальные колебания.
8. Автоколебательные системы с двумя и более степенями свободы. Взаимная синхронизация колебаний.
9. Хаотические колебания в динамических системах. Возможные пути потери устойчивости регулярных колебаний и перехода к хаосу.

## Раздел 2

1. Основные особенности переменного электромагнитного поля, СВЧ и оптического диапазона волн.
2. Основные параметры, определяющие электромагнитные свойства сред (диэлектрическая и магнитная проницаемости, проводимость).
3. Система дифференциальных и интегральных уравнений Максвелла. Материальные уравнения. Физический смысл уравнений Максвелла.
4. Электропроводность различных сред и их деление на диэлектрики, проводники, полупроводники и сверхпроводники.
5. Граничные условия для векторов электромагнитного поля.
6. Уравнения Максвелла для гармонических электромагнитных полей. Смысл комплексных электрической и магнитной проницаемостей.
7. Энергия электромагнитного поля, теорема Умова-Пойтинга.
8. Волновые уравнения. Уравнения Гельмгольца.
9. Виды поляризации электромагнитных волн.
10. Плоские, цилиндрические и сферические волны в неограниченной среде.
11. Особенности распространения электромагнитных волн в гиротропной среде и эффект Фарадея.
12. Свойства электромагнитных волн в неоднородных и анизотропных средах.
13. Нормальное и наклонное падение плоских волн на плоскую границу раздела двух сред, их преломление, отражение и интерференция.

14. Наклонное падение плоской волны на плоскую границу поглощающей среды. Поверхностный эффект. Импедансные граничные условия (Щукина-Леонтовича).

15. Теорема взаимности и принцип двойственности в электродинамике.

16. Граничные задачи для двумерного уравнения Гельмгольца.

### Раздел 3

1. Определение волнового процесса. Природа волн, их виды и свойства.

2. Волновые уравнения для различных сред.

3. Плоские звуковые волны в жидкостях и газах (без и с учетом процессов диссипации).

4. Продольные и поперечные волны в изотропном твердом теле.

5. Плоские электромагнитные волны в однородной изотропной среде. Особенности волнового процесса в проводящей среде.

6. Поток энергии электромагнитных и звуковых волн.

7. Поляризация электромагнитных волн. Матрица когерентности. Параметры Стокса.

8. Распространение электромагнитной волны над хорошо проводящей поверхностью.

9. Отражение плоских продольных звуковых волн от плоской границы раздела.

10. Отражение от плоского слоя. Коэффициенты отражения и прохождения.

11. Понятия частотной и пространственной дисперсии. Тензор диэлектрической, магнитной проницаемостей и проводимости среды. Электрическая восприимчивость среды.

12. Уравнения Максвелла для диспергирующей среды. Дисперсионное уравнение.

13. Дисперсия в диэлектриках. Диэлектрическая проницаемость плазмы.

14. Связь между дисперсией и поглощением. Дисперсионные соотношения Крамерса – Кронига.

15. Распространение сигнала в диспергирующей среде. Простейшие физические модели диспергирующих сред. Понятие волнового пакета. Фазовая и групповая скорости.

16. Энергия электромагнитного поля в диспергирующей среде.

17. Волны в плавно неоднородных средах. Приближение геометрической оптики. Уравнения эйконала.

18. Волны в слоисто-неоднородных средах. Особенности уравнения эйконала для электромагнитных волн.

### Раздел 4

1. Основные понятия теории случайных процессов. Стационарные и нестационарные случайные процессы, и способы их описания.

2. Статистическое усреднение и усреднение во времени. Эргодичность. Измерение вероятностей и средних значений.
3. Модели случайных процессов: гауссовский процесс, узкополосный стационарный шум, импульсные случайные процессы, дробовой шум.
4. Пуассоновский процесс. Случайная последовательность импульсов и их спектральная плотность.
5. Корреляционно-спектральная теория случайных процессов. Теорема Винера-Хинчина и связь с преобразованием Фурье. Воздействие шумов на линейные системы.
6. Уравнение марковского процесса. Уравнение Фоккера-Планка. Понятие «белого» шума. Замена случайного процесса марковским.
7. Статистические характеристики огибающей и фазы узкополосного случайного процесса. Функция распределения и корреляционная функция огибающей.
8. Броуновское движение. Флуктуационно-диссипационная теорема. Тепловой шум; классический и квантовый варианты формулы Найквиста. Тепловое излучение абсолютно черного тела.
9. Обнаружение слабых сигналов на фоне шумов. Оценка параметров сигнала. Согласованный фильтр. Теорема Котельникова.
10. Задачи оптимального приема сигнала
11. Априорные сведения о сигнале и шуме. Наблюдение и сообщение.

## Раздел 5

1. Теория излучения. Спонтанные вынужденные переходы. Когерентное взаимодействие двухуровневой системы с излучением.
2. Принципы работы приборов квантовой электроники. Методы создания инверсии населенности
3. Принцип работы, устройство и параметры лазеров.
4. Лазеры на рубине, неодимовом стекле, растворах красителей, на атомных и молекулярных газах, на полупроводниковых материалах.
5. Оптические резонаторы. Резонатор Фабри-Перо,
6. Продольные и поперечные типы колебаний. Спектр частот и расходимость излучения. Добротность.
7. Частотный спектр. Одночастотный режим генерации, многомодовые колебания в резонаторе лазера.
8. Параметрические усилители и генераторы. Деление и умножение частоты.
9. Усилители СВЧ-диапазона (резонаторный, бегущей волны). Полоса пропускания усилителя бегущей волны.
10. Генерация волн в СВЧ-диапазоне. Принцип работы и устройство лампы бегущей и обратной волны, магнетрона и клистрона.

## Раздел 6

1. Электромагнитные волны в продольно однородных структурах.

2. Краевые задачи и их решения для плоских структур (металлический и диэлектрический плоские волноводы).
3. Электромагнитные волны в металлических волноводах. Диэлектрические волноводы, световоды. Линзовые линии и открытые резонаторы.
4. Постановка краевых задач для Т-, Н- и Е-волн.
5. Типы волн в линиях передачи СВЧ. Критическая длина волны. Условие отсечки. Волны дискретного и непрерывного спектра.
6. Волноводы, длинные линии и резонаторы. Критическая частота и критическая длина волны. ТЕ-, ТН- и ТЕМ-волны.
7. Диэлектрические волноводы. Периодические структуры и замедляющие системы. Волновое сопротивление.
8. Классификация волноводов СВЧ и КВЧ диапазонов. Типы волн в волноводных структурах. Быстрые и медленные волны.
9. Волновые процессы в прямоугольном, круглом и коаксиальном металлических волноводах.
10. Классификация и электрические параметры объемных резонаторов. Связь резонаторов с нагрузкой, их настройка. Теория и устройство возбуждения открытых и закрытых резонаторов.
11. Полосковые линии передачи. Типы волн и их физический смысл. Возбуждение полосково-щелевых структур.
12. Направленные ответвители, принцип действия, электрические и конструктивные параметры. Делители (сумматоры) мощности.
13. Основные виды фазовращателей и аттенюаторов. Принцип действия.
14. Ферриты и их применение. Продольный и поперечный ферромагнитный резонанс. Вентили и циркуляторы.

## Раздел 7

1. Типы элементарных излучателей. Диполь Герца. Выражения для составляющих электромагнитного поля диполя Герца на различных расстояниях от диполя. Зоны Фраунгофера и Френеля.
2. Основные параметры элементарных излучателей. Элементарный магнитный излучатель. Принцип двойственности.
3. Обобщённая задача об излучении. Принцип Гюйгенса. Формула Кирхгофа.
4. Классификация и основные характеристики антенн.
5. Вибратор Герца. Ближняя и дальняя зоны. Диаграмма направленности. Коэффициенты усиления и направленного действия.
6. Типы апертурных антенн. Рупорные антенны. Принцип действия и методы расчета параметров антенн.
7. Линейные, двумерные и объёмные фазированные антенные решётки. Принцип действия. Методы оценки параметров.
8. Однозеркальные и многозеркальные антенны.
9. Проектирование линзовых антенн.

10. Спиральные антенны. Микрополосковые антенны различного типа.
11. Антенны для ДВ-, СВ- и СВЧ-диапазонов.
12. Общие вопросы распространения радиоволн. Строение и состав атмосферы Земли.
13. Земные и тропосферные радиоволны.
14. Распространение радиоволн в ионосфере и на космических линиях связи.
15. Особенности распространения волн различных диапазонов.

### Раздел 8

1. Токи поляризации.
2. Особые поверхности поля. Граница раздела диэлектриков. Поверхность проводника. Граничные условия для импедансных поверхностей.
3. Особые точки поля. Точечный и линейный источники.
4. Поток энергии из источника.
5. Бесконечно удаленные точки поля.
6. Теорема единственности.
7. Метод разделения переменных. Ряд Релея.
8. Определение функции Грина. Выражение для поля в пространстве через функцию Грина.
9. Случай низких и высоких частот.

### Литература

1. Никольский В.В., Никольская Т.П. Электродинамика и распространение радиоволн. - М.: Либроком, 2010. - 544с.
2. Будагян И.Ф., Дубровин В.Ф., Сигов А.С. Электродинамика. Современные технологии: Учебное пособие. – М.: Альфа М: Инфра М. - 2013. - 304 с.
3. Будагян И.Ф., Дубровин В.Ф. Техническая электродинамика. Ч.2. Устройства СВЧ и антенны: Учебное пособие. - М.: МИРЭА, 2012. – 200 с.
4. Леонтьев В.В. Прикладная статистическая радиофизика: учебное пособие. - Санкт-Петербург: Изд-во СПб ГЭТУ "ЛЭТИ", 2012. – 50с.
5. Яблонский А. А., Норейко С. С. Курс теории колебаний: Учебное пособие. - БХВ-Петербург, 2007. – 336 с.
6. Кравченко И.Т. Теория волновых процессов.- М.: УРСС, 2011. - 237с.
7. Уфимцев П.Я. Теория дифракционных краевых волн в электродинамике. Введение в физическую теорию дифракции. Изд-во: Бинوم. Лаборатория знаний, 2012. – 371 с.
8. Нефедов Е.И. Электромагнитные поля и волны. Издательство: Academia, 2014 – 368 с.
9. Дубровин В.Ф., Будагян И.Ф. Исследование волновых процессов. Методы, технологии и результаты: LAP LAMBERT Academic Publishing GmbH & Co. KG, 2015. – 125 с.

10. Будагян И.Ф., Дубровин В.Ф., Сигов А.С. Электродинамика и распространение радиоволн: Учебное пособие. – М.: МИРЭА, 2014. – 199 с.
11. Вайнштейн Л.А. Электромагнитные волны. — М.: Радио и связь, 1988. - 440с.
12. Андронов А.А, Витт А.А., Хайкин С.Э. Теория колебаний. М.: Наука, 1981. — 568 с.
13. Карлов Н.В., Кириченко Н.А. Колебания, волны, структуры. - М.: Физматлит, 2001. — 558 с.
14. Рабинович М.И., Трубецков Д.И. Введение в теорию колебаний и волн. - М.: Наука, 1984. — 432 с.
15. Ахманов С.А., Дьяков Ю.Е., Чиркин А.С. Введение в статистическую радиофизику и оптику. - М.: Наука, 1981. — 640с.
16. Тихонов В.И., Харисов В.Н. Статистический анализ и синтез радиотехнических устройств и систем. М.: Радио и связь, 1991. — 608с.
17. Горелик Г.С. Колебания и волны. Введение в акустику, радиофизику и оптику. - М.: Изд-во: ФИЗМАТЛИТ, 2008. - 656 с.
18. Заславский Г.М., Сагдеев Р.З. Введение в нелинейную физику: От маятника до турбулентности и хаоса. - М.: Наука, 1988. — 368 с.
19. Иродов И.Г. Волновые процессы. - Бином. Лаборатория знаний. Технический университет, 2007. - 263 с
20. Виноградова М.Б., Руденко О.В., Сухоруков А.П. Теория волн. М.: Наука, 1990. — 383с.
21. Вайнштейн Л.А. Электромагнитные волны. - М.: Радио и связь, 1988. - 440с.
22. Ваганов Р.Б., Каценеленбаум Б.З. Основы теории дифракции.- М.: Наука, 1982. -272с.
23. Рухадзе А.А., Игнатов А.М., Гусейн-заде Н.Г. Введение в электродинамику плазмы. М.: МИРЭА, 2007. - 180с.
24. Гусейн-заде Н.Г. Курс лекций по математической физике. – М.: МИРЭА, 2008. – 180 с.
25. Белокопытов Г.В. и др. Основы радиофизики / Под ред. А.С. Логгинова.- М.: УРСС, 1996. – 256 с.
26. Потемкин В.В., Радиофизика. – М: Издательство МГУ, 1988. - 264с. / 2012. - 131 с.
27. Фейнберг Е. Л. Распространение радиоволн вдоль земной поверхности. М.: Наука, 1999. - 496 с.
28. Карлов Н.В. Лекции по квантовой электронике. - М.: Наука, 1988. - 335 с.
29. Звелто О. Принципы лазеров. — СПб.: Лань, 2008. — 719 с.
30. Качмарек Ф. Введение в физику лазеров. - М.: Мир, 1981. - 540 с.
31. Штыков В.В. Квантовая радиофизика. - М.: Изд-во: Academia, 2009. - 336 с.
32. Вайнштейн Л.А., Солнцев В.А. Лекции по сверхвысокочастотной электронике. - М.: Сов. радио, 1973. – 400 с.

33. Устройства СВЧ и антенны / Под ред. Д.И. Воскресенского. - М.: Радиотехника, 2006. – 376 с.
34. Нефедов Г.И. Антенно-фидерные устройства и распространение радиоволн. - Академия, 2008. – 320 с.
35. Вайнштейн Л.А. Теория дифракции и электроника СВЧ. - М.: Радио и связь, 1995. – 600 с.
36. Активные фазированные антенные решетки / Под ред. Д.И. Воскресенского.- М.: Радиотехника, 2004. – 488 с.
37. Нефедов Е.И. Открытые коаксиальные резонансные структуры. - М.: Наука, 1982. – 220 с.
38. Курушин Е.П., Нефедов Е.И. Электродинамика анизотропных волноведущих структур. – М.: Наука, 1983. – 225 с.
39. Нефедов Е.И., Фиалковский А.Т. Полосковые линии передачи. – М.: Наука, 1980. – 312 с.
40. Харкевич А.А. Спектры и анализ. - М.: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2009. – 240 с.
41. Айфичер Эммануил С. Цифровая обработка сигналов: Практический подход. — М.: Вильямс, 2008. – 989 с.
42. Рытов С.М. Введение в статистическую радиофизику. (Ч.1: Случайные процессы) Учеб. пособие для вузов — М.: Наука, 1976. – 404 с.
43. Рытов С.М., Кравцов Ю.А., Татарский В.И. Введение в статистическую радиофизику. Ч. 2: Случайные поля. М.: Наука, 1978. - 463 с.
44. Левин Б.Р. Теоретические основы статистической радиотехники. М.: Радио и связь, 1989. - 653 с.
45. Скворцова Н.Н., Шестаков О.В., Малахов Д.В., Методы численного анализа стохастических сигналов. - М: Изд-во МИРЭА, 2011. – 108 с.
46. Цейтлин Н. М. Антенная техника и радиоастрономия. - М.: Радио и связь, 1976. — 352с.
47. Конструирование экранов и СВЧ устройств / Под ред. А.М. Чернушенко.- М.: Радио и связь, 1990. – 352 с.
48. Евтихийев Н.Н., Засовин Э.А., Мировицкий Д.И. Интегральная и волоконная оптика в информационных системах. – М.: МИРЭА, 1987. – 222 с.
49. Мировицкий Д.И., Будагян И.Ф., Дубровин В.Ф. Микроволноводная оптика и голография. – М.: 1983. – 320 с.
50. Айзенберг Г.З., Ямпольский В.Г., Терешин О.Н. Антенны УКВ, ч.1 и 2. – М.: Связь, 1977. – 672 с.
51. Лоза О.Т., Романовский М.Ю., Скворцова Н.Н. Формирование и диагностика сильнооточных релятивистских электронных пучков. - М.: МГТУ МИРЭА, 2015. —80 с.

Исполняющий обязанности директора  
Института радиотехнических и  
телекоммуникационных систем



М.А. Назаренко