

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное образовательное  
учреждение высшего образования  
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

Факультет/Институт

УТВЕРЖДАЮ

Декан РФФ

 А.Г. Коротаев

« 26 »

» Радиофизический

2022г.



ПРОГРАММА

вступительного испытания по специальной дисциплине  
соответствующей научной специальности программы подготовки научных и  
научно-педагогических кадров в аспирантуре

1.3.4 Радиофизика

---

*цифр и наименование научной специальности*

Томск – 2022

**Авторы-разработчики:**

*Якубов Владимир Петрович, доктор физико-математических наук, профессор,  
профессор кафедры радиофизики Томского Государственного Университета,*

*Суханов Дмитрий Яковлевич, доктор физико-математических наук,  
профессор кафедры радиофизики Томского Государственного Университета,*

Согласовано:

Руководитель ОП



подпись

Суханов Д.Я.

## 1. Общие положения

**1.1.** Программа вступительного испытания по специальной дисциплине соответствующей научной специальности программы подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре 1.3.4 Радиофизика  
*шифр и наименование научной специальности*  
(далее – Программа), сформирована на основе требований федеральных государственных образовательных стандартов высшего образования к программам магистратуры (специалитета) по соответствующим направлениям (специальностям) подготовки. Программа разработана для поступления на обучение в аспирантуру НИ ТГУ.

Программой устанавливается:

- форма, структура, процедура сдачи вступительного испытания;
- шкала оценивания;
- максимальное и минимальное количество баллов для успешного прохождения вступительного испытания;
- критерии оценки ответов.

Вступительное испытание проводится на русском языке или на английском языке для абитуриентов из стран дальнего зарубежья, поступающих на обучение по PhD программе.

Форма, процедура сдачи вступительного испытания, а также шкала оценивания и критерии оценки ответов экзаменуемого, установленные Программой, не зависят от языка проведения вступительного испытания.

**1.2.** Организация и проведение вступительного испытания осуществляется в соответствии с Правилами приема, утвержденными приказом ректора НИ ТГУ, действующими на текущий год поступления.

**1.3.** По результатам вступительного испытания, поступающий имеет право подать на апелляцию о нарушении, по мнению поступающего, установленного порядка проведения вступительного испытания и (или) о несогласии с полученной оценкой результатов вступительного испытания в порядке, установленном Правилами приема, действующими на текущий год поступления.

## **2. Форма, структура, процедура, программа вступительного испытания и шкала оценивания ответов**

**2.1.** Вступительное испытание по специальной дисциплине проводится в форме экзамена (письменно, устно или сочетанием обеих форм) в соответствии с перечнем тем и (или) вопросов, установленных данной Программой.

## Структура экзамена:

### 1. Теория колебаний

1. Классификация колебательных систем, примеры колебательных систем и явлений в природе и технике. Линейные и нелинейные колебательные системы. Точные и приближенные методы. Метод медленно меняющихся амплитуд, метод Н.Н. Боголюбова. Фазовая плоскость, фазовые траектории, сепаратрисы, понятие бифуркаций. Исследование устойчивости.
2. Свободные колебания. Вынужденные линейные и нелинейные колебания, уравнения движения, стационарные движения. Автоколебательные системы с запаздывающей обратной связью, зоны возбуждения. Вынужденные колебания при гармоническом возбуждении.

### 2. Электродинамика

3. Уравнения Максвелла: дифференциальная и интегральная формы. Граничные условия для электромагнитного поля. Вектор и теорема Пойнтинга.
4. Волновое уравнение для электромагнитного поля. Скалярный и векторный потенциалы. Вектор Герца. Решение однородного волнового уравнения: сферические, плоские, цилиндрические волны. Решение неоднородного волнового уравнения: запаздывающие потенциалы. Поля электрического и магнитного диполей. Поле колеблющегося диполя. Излучение ускоренного заряда, радиационное трение.
5. Уравнения электродинамики в комплексном представлении. Комплексная диэлектрическая проницаемость. Вектор Пойнтинга и теорема Пойнтинга в комплексном представлении. Поле элементарного электрического вибратора в комплексном представлении, структура поля. Излучение элементарного магнитного вибратора. Поляризация электромагнитных волн.
6. Основные принципы электродинамики: двойственности, взаимности, Гюйгенса-Френеля-Кирхгофа. Теорема об эквивалентности.
7. Силы Кулона и Лоренца. Импульс и давление электромагнитного поля. Движение заряда в постоянном магнитном поле. Движение заряда в постоянном электрическом поле. Движение заряда в однородных скрещенных полях. Дрейф заряда в поперечно неоднородном магнитном поле. Пространственно-временная инвариантность магнитного момента заряда при движении в продольно неоднородном магнитном поле. Диэлектрическая проницаемость облака заряженных частиц. Электромагнитные поля в плазме и металлах.
8. Постулаты Эйнштейна и матрица преобразования Лоренца. Четырех-векторы и тензоры. Четырех-векторы потенциала и тока: основные уравнения, преобразование, свойства. Решение неоднородного волнового уравнения для потенциала в четырехмерном пространстве. Четырех-вектор потенциала точечного заряда, потенциалы Льенара-Вихерта. Электромагнитное поле произвольно движущегося заряда.
9. Тензоры электромагнитного поля. Преобразование компонент электромагнитного поля. Единство электрических и магнитных полей.

Релятивистские инварианты электромагнитного поля. Инвариантность фазы волны. Релятивистский эффект Доплера.

### 3. Волновые процессы

1. Первая и вторая канонические формы волнового уравнения. Плоские, цилиндрические и сферические волны. Гармонические волны. Уравнение Гельмгольца. Волновой вектор. Неоднородные плоские волны.
2. Волновое сопротивление среды. Суперпозиция волн. Основные свойства электромагнитных волн.
3. Распространение электромагнитных волн в проводящей среде. Глубина проникновения (скин-слой). Поверхностный импеданс металла. Энергетические соотношения для волн в среде с потерями.
4. Дисперсия волн. Волновой пакет. Фазовая и групповая скорости. Дисперсионное уравнение.
5. Прохождение волны через границу раздела двух сред. Угол полного внутреннего отражения. Угол Брюстера.
6. Волны в анизотропных средах. Тензоры магнитной и диэлектрической проницаемостей намагниченных феррита и плазмы. Необыкновенные волны. Эффекты Фарадея и Коттона-Мутона.
7. Излучение волн. Ближняя и дальняя зоны. Диаграмма направленности. Физический смысл мнимых углов.

### 4. Статистическая радиофизика

1. Понятие случайного процесса. Функция распределения и плотность распределения значений в одном сечении случайного процесса. Моментные функции. Функция корреляции случайного процесса. Характеристическая функция. Разложение характеристической функции по моментам. Кумулянтное разложение.
2. Стационарные и нестационарные случайные процессы. Спектральное представление случайного процесса. Теорема Винера-Хинчина. Эргодические процессы. Дисперсия временного среднего. Центральная предельная теорема. Свойства нормального случайного процесса.
3. Марковские процессы. Уравнение Смолуховского. Нормальные Марковские процессы. Диффузионные процессы и уравнения Фокера-Планка-Колмогорова. Винеровский процесс.
4. Случайный поток импульсов. Распределение Пуассона. Энергетический спектр дробового и теплового шума. Формулы Шоттки и Найквиста.
5. Линейная фильтрация случайных процессов. Белый шум на входе линейной инерционной системы. Моделирование корреляционных связей на ЭВМ. Нормализация закона распределения процесса на выходе линейной инерционной системой. Непрерывность и дифференцируемость случайного процесса в среднеквадратическом смысле, необходимые и достаточные условия. Статистические свойства производной случайного процесса.
6. Случайный процесс на выходе нелинейной системы. Преобразование закона распределения значений. Методы моделирования случайных процессов на

ЭВМ. Функция корреляции и энергетический спектр случайного процесса на выходе безинерционной нелинейной системы.

7. Квазигармонические флуктуации и узкополосный случайный процесс. Аналитический сигнал. Взаимная корреляция сопряженных процессов. Распределения огибающей и фазы нормального узкополосного шума. Распределение огибающей и фазы смеси "сигнал+шум". Теорема Котельникова для случайного процесса с ограниченным спектром. Дискретизация процесса и обрезание спектра процесса.
8. Обнаружение сигнала на фоне шума, оптимизация отношения сигнал/шум. Согласованная фильтрация. Корреляционный прием. Согласованный фильтр и отношение правдоподобия. Критерии обнаружения. Выделение сигнала из шума. Оптимальный прием. Адаптивные системы.
9. Понятие случайного волнового поля. Статистическая однородность и изотропность. Обобщение теоремы Винера-Хинчина. Случайный волновой пучок. Угловой энергетический спектр.
10. Количественное определение информации. Средняя собственная и взаимная информации. Свойства средней собственной и взаимной информации. Кодирование и декодирование сигналов. Пропускная способность канала связи. Теорема Шеннона.

**2.2.** Процедура проведения экзамена представляет собой сдачу экзамена в очной форме и (или) с использованием дистанционных технологий (при условии идентификации поступающих при сдаче ими вступительных испытаний):

- 1) очно и (или) дистанционно.

Для дистанционной формы проведения экзамена используются платформы Moodle и (или) программы для организации видеоконференций. Для наблюдения за участниками экзамена и идентификации их личности создана система прокторинга. Проктор (наблюдатель) перед началом экзамена при помощи веб-камеры абитуриента проводит инструктаж и собеседование по вопросам организации и проведения экзамена, идентификацию личности путем сравнения фото в паспорте и лица сдающего (абитуриент показывает в веб-камеру свой паспорт в развернутом виде рядом со своим лицом).

Видео, транслируемое с веб-камеры участника экзамена, доступно проктору для наблюдения и записывается на сервер для дальнейшего просмотра при возникновении спорных ситуаций.

**2.3.** Результаты проведения вступительного испытания оформляются протоколом, в котором фиксируются вопросы экзаменаторов к поступающему. На каждого поступающего ведется отдельный протокол.

#### **2.4. Программа экзамена.**

Примерный перечень тем и вопросов для подготовки к сдаче экзамена:

1. Методы медленно меняющихся амплитуд и Н.Н. Боголюбова.
2. Автоколебательные системы с запаздывающей обратной связью.

3. Отражение плоской электромагнитной волны от границы раздела двух сред. Углы полного внутреннего отражения и Брюстера.
4. Эффекты Фарадея и Коттона-Мутона.
5. Уравнения Максвелла.
6. Волновое уравнение.
7. Принцип перестановочной двойственности.
8. Граничное условие для тангенциальных компонент электрического поля.
9. Что такое ток смещения?
10. Вектор Пойнтинга.
11. Волновое сопротивление свободного пространства.
12. Комплексная диэлектрическая проницаемость.
13. Дипольный момент элементарного электрического вибратора.
14. Дипольный момент элементарного магнитного вибратора.
15. Преобразование Лоренца.
16. Определение случайного процесса.
17. Двумерная условная плотность вероятности случайного процесса и ее основные свойства.
18. Уравнение Смолуховского для условной плотности вероятности марковского процесса.
19. Моментные функции случайного процесса.
20. Кумулянтные функции случайного процесса, их связь с характеристической функцией.
21. Ковариационная функция случайного процесса. Коэффициент корреляции.
22. Гауссовские случайные процессы.
23. Ковариационная матрица  $n$  отсчетов случайного процесса и ее основные свойства.
24. Основные свойства гауссовских случайных процессов.
25. Стационарные случайные процессы.
26. Свойства корреляционной функции стационарного случайного процесса.
27. Понятие времени корреляции.
28. Теорема Винера-Хинчина.
29. Определение пуассоновского импульсного случайного процесса.
30. Согласованный фильтр.
31. Мера информации, пропускная способность каналов связи.

#### 2.5. Шкала оценивания ответов на экзамене:

<b>неудовлетворительно</b>	<b>удовлетворительно</b>	<b>хорошо</b>	<b>отлично</b>
до 59 баллов	60 – 75 баллов	76 – 84 баллов	85 – 100 баллов

Общая продолжительность экзамена составляет 45 минут.

Максимальное количество баллов за экзамен – 100. Минимальное количество баллов для успешного прохождения экзамена – 60. Поступающий, набравший менее 60 баллов за экзамен, не может быть зачислен в аспирантуру.

**Таблица критериев оценки устных и письменных ответов (при наличии)**

<b>Вид деятельности</b>		
<b>Оценка</b>	<b>Балл</b>	<b>Уровень владения темой</b>
<b>неудовлетворительно</b>	до 59	Неполный объем ответов, наличие ошибок и пробелов в знаниях или отсутствие необходимых знаний, отрывочный, поверхностный ответ.
<b>удовлетворительно</b>	60-75	Недостаточно полный объем ответа, наличие ошибок и некоторых пробелов в знаниях.
<b>хорошо</b>	76-84	Правильный и достаточно полный, не содержащий существенных ошибок ответ. Оценка может быть снижена за отдельные несущественные ошибки.
<b>отлично</b>	85-100	Полный безошибочный ответ с правильным применением понятий и определений.

Вступительное испытание проводится экзаменационной комиссией, действующей на основании приказа ректора.

Итоговая оценка за экзамен определяется как средний балл, выставленный всеми членами экзаменационной комиссии.