

УТВЕРЖДАЮ

Декан физического факультета

(подпись)

И.С. Огнев

«23» мая 2023 г.

Аннотация дисциплины «История и философия науки»

Научная специальность 1.3.4 «Радиофизика»

1. Дисциплина относится к обязательной части.
2. *Целью освоения дисциплины является* формирование у аспирантов целостного понимания предмета и основных концепций современной философии науки, развитию философского подхода к проблеме возникновения науки и основных стадий ее исторической эволюции.
3. Общая трудоемкость дисциплины составляет 5 зачетных единиц, 180 часов.
4. Содержание дисциплины:

Часть 1. Общие проблемы философии науки

Тема 1. Предмет и основные концепции современной философии науки.

Три аспекта бытия науки: наука как генерация нового знания, как социальный институт, как особая сфера культуры.

Логико-эпистемологический подход к исследованию науки. Позитивистская традиция в философии науки. Расширение поля философской проблематики в постпозитивистской философии науки. Концепции К. Поппера, И. Лакатоса, Т. Куна, П. Фейерабенда, М. Полани.

Социологический и культурологический подходы к исследованию развитию науки. Проблема интернализма и экстернализма в понимании механизмов научной деятельности. Концепции М. Вебера, А. Койре, Р. Мертон, М. Малкея.

Тема 2. Наука в культуре современной цивилизации

Традиционалистский и техногенный типы цивилизационного развития и их базисные ценности. Ценность научной рациональности.

Наука и философия. Наука и искусство. Роль науки в современном образовании и формировании личности. Функции науки в жизни общества (наука как мировоззрение, как производительная и социальная сила).

Тема 3. Возникновение науки и основные стадии её исторической эволюции.

Преднаука и наука в собственном смысле слова. Две стратегии порождения знаний: обобщение практического опыта и конструирование теоретических моделей, обеспечивающих выход за рамки наличных исторически сложившихся форм производства и обыденного опыта.

Культура античного полиса и становление первых форм теоретической науки. Античная логика и математика. Развитие логических норм научного мышления и организаций науки в средневековых университетах. Роль христианской теологии в изменении созерцательной позиции ученого: человек творец с маленькой буквы; манипуляция с природными объектами – алхимия, астрология, магия. Западная и восточная средневековая наука.

Становление опытной науки в новоевропейской культуре. Формирование идеалов математизированного и опытного знания: оксфордская школа, Роджер Бэкон, Уильям Оккам. Предпосылки возникновения экспериментального метода и его соединения с математическим описанием природы. Г. Галилей, Френсис Бэкон, Р. Декарт. Мировоззренческая роль науки в

новоевропейской культуре. Социокультурные предпосылки возникновения экспериментального метода и его соединения с математическим описанием природы.

Формирование науки как профессиональной деятельности. Возникновение дисциплинарно-организованной науки. Технологические применения науки. Формирование технических наук.

Становление социальных и гуманитарных наук. Мировоззренческие основания социально-исторического исследования.

Тема 4. Структура научного знания.

Научное знание как сложная развивающаяся система. Многообразие типов научного знания. Эмпирический и теоретический уровни, критерии их различия. Особенности эмпирического и теоретического языка науки.

Структура эмпирического знания. Эксперимент и наблюдение. Случайные и систематические наблюдения. Применение естественных объектов в функции приборов в систематическом наблюдении. Данные наблюдения как тип эмпирического знания. Эмпирические зависимости и эмпирические факты. Процедуры формирования факта. Проблема теоретической нагруженности факта.

Структуры теоретического знания. Первичные теоретические модели и законы. Развитая теория. Теоретические модели как элемент внутренней организации теории. Ограниченность гипотетико-дедуктивной концепции теоретических знаний. Роль конструктивных методов в дедуктивном развертывании теории. Развертывание теории как процесса решения задач. Парадигмальные образцы решения задач в составе теории. Проблемы генезиса образцов. Математизация теоретического знания. Виды интерпретации математического аппарата теории.

Основания науки. Структура оснований. Идеалы и нормы исследования и их социокультурная размерность. Система идеалов и норм как схема метода деятельности.

Научная картина мира. Исторические формы научной картины мира. Функции научной картины мира (картина мира как онтология, как форма систематизации знания, как исследовательская программа).

Операциональные основания научной картины мира. Отношение онтологических постулатов науки к мировоззренческим доминантам культуры.

Философские основания науки. Роль философских идей и принципов в обосновании научного знания. Философские идеи как эвристика научного поиска. Философское обоснование как условие включения научных знаний в культуру.

Тема 5. Динамика науки как процесс порождения нового знания.

Историческая изменчивость механизмов порождения научного знания. Взаимодействие оснований науки и опыта как начальный этап становления новой дисциплины. Проблема классификации. Обратное воздействие эмпирических фактов на основания науки.

Формирование первичных теоретических моделей и законов. Роль аналогий в теоретическом поиске. Процедуры обоснования теоретических знаний. Взаимосвязь логики открытия и логики обоснования. Механизмы развития научных понятий.

Становление развитой научной теории. Классический и неклассический варианты формирования теории. Генезис образцов решения задач.

Проблемные ситуации в науке. Перерастание частных задач в проблемы. Развитие оснований науки под влиянием новых теорий.

Проблема включения новых теоретических представлений в культуру.

Тема 6. Научные традиции и научные революции. Типы научной рациональности.

Взаимодействие традиций и возникновение нового знания. Научные революции как перестройка оснований науки. Проблемы типологии научных революций. Внутридисциплинарные механизмы научных революций. Междисциплинарные взаимодействия и "парадигмальные прививки" как фактор революционных преобразований в науке. Социокультурные предпосылки глобальных научных революций. Перестройка оснований науки и изменение смыслов мировоззренческих универсалий культуры.

Прогностическая роль философского знания. Философия как генерация категориальных структур, необходимых для освоения новых типов системных объектов.

Научные революции как точки бифуркации в развитии знания. Нелинейность роста знаний. Селективная роль культурных традиций в выборе стратегий научного развития. Проблема потенциально возможных историй науки.

Глобальные революции и типы научной рациональности. Историческая смена типов научной рациональности: классическая, неклассическая, постнеклассическая наука.

Тема 7. Особенности современного этапа развития науки. Перспективы научно-технического прогресса.

Главные характеристики современной, постнеклассической науки. Современные процессы дифференциации и интеграции наук. Связь дисциплинарных и проблемно-ориентированных исследований. Освоение саморазвивающихся "синергетических" систем и новые стратегии научного поиска. Роль нелинейной динамики и синергетики в развитии современных представлений об исторически развивающихся системах. Глобальный эволюционизм как синтез эволюционного и системного подходов. Глобальный эволюционизм и современная научная картина мира. Сближение идеалов естественнонаучного и социально-гуманитарного познания. Осмысление связей социальных и внутринаучных ценностей как условие современного развития науки. Включение социальных ценностей в процесс выбора стратегий исследовательской деятельности. Расширение этоса науки. Новые этические проблемы науки в конце XX столетия. Проблема гуманитарного контроля в науке и высоких технологиях. Экологическая и социально-гуманитарная экспертиза научно-технических проектов. Кризис идеала ценностно-нейтрального исследования и проблема идеалогизированной науки. Экологическая этика и ее философские основания. Философия русского космизма и учение В.И. Вернадского о биосфере, техносфере и ноосфере. Проблемы экологической этики в современной западной философии (Б. Калликот, О. Леопольд, Р. Аттфильд).

Постнеклассическая наука и изменение мировоззренческих установок техногенной цивилизации. Сциентизм и антисциентизм. Наука и паранаука. Поиск нового типа цивилизационного развития и новые функции науки в культуре. Научная рациональность и проблема диалога культур. Роль науки в преодолении современных глобальных кризисов.

Тема 8. Наука как социальный институт.

Различные подходы к определению социального института науки. Историческое развитие институциональных форм научной деятельности. Научные сообщества и их исторические типы (республика ученых 17 века; научные сообщества эпохи дисциплинарно организованной науки; формирование междисциплинарных сообществ науки XX столетия). Научные школы. Подготовка научных кадров. Историческое развитие способов трансляции научных знаний (от рукописных изданий до современного компьютера). Компьютеризация науки и ее социальные последствия. Наука и экономика. Наука и власть. Проблема секретности и закрытости научных исследований. Проблема государственного регулирования науки.

Часть 2. Философия естественных наук

Философские проблемы физики

Тема 1. Место физики в системе наук

Естественные науки и культура. Естествознание и развитие техники. Естествознание и социальная жизнь общества. Физика как фундамент естествознания. Онтологические, эпистемологические и методологические основания фундаментальности физики. Специфика методов физического познания. Связь проблемы фундаментальности физики с оппозицией редукционизм-антиредукционизм. Анализ различных трактовок редукционизма.

Физика и синтез естественно-научного и гуманитарного знания. Роль синергетики в этом синтезе.

Тема 2. Онтологические проблемы физики

Понятие онтологии физического знания. Онтологический статус физической картины мира. Эволюция физической картины мира и изменение онтологии физического знания.

Механическая, электромагнитная и современная квантово-релятивистская картины мира как этапы развития физического познания.

Частицы и поля как фундаментальные абстракции современной физической картины мира и проблема их онтологического статуса. Онтологический статус виртуальных частиц. Проблемы классификации фундаментальных частиц. Типы взаимодействий в физике и природа взаимодействий. Стандартная модель фундаментальных частиц и взаимодействий и ее концептуальные трудности. Физический вакуум и поиски новой онтологии. Стратегия поисков фундаментальных объектов и идеи бутстрапа. Теория струн и “теория всего” (ТОЕ) и проблемы их обоснования.

Тема 3. Проблемы пространства и времени

Проблема пространства и времени в классической механике. Роль коперниканской системы мира в становлении галилей-ньютоновых представлений о пространстве. Понятие инерциальной системы и принцип инерции Галилея. Принцип относительности Галилея, преобразования Галилея и понятие ковариантности законов механики. Понятие абсолютного пространства. Философские и религиозные предпосылки концепции абсолютного пространства и проблема ее онтологического статуса.

Теоретические, экспериментальные и методологические предпосылки изменения галилей-ньютоновских представлений о пространстве и времени в связи с переходом от механической к электромагнитной картине мира.

Специальная и общая теории относительности (СТО и ОТО) А.Эйнштейна как современные концепции пространства и времени. Субстанциальная и реляционная концепции пространства и времени. Статус реляционной концепции пространства и времени в СТО. Понятие о едином пространственно-временном континууме Г. Минковского. Релятивистские эффекты сокращения длин, замедления времени и зависимости массы от скорости в инерциальных системах отсчета. Анализ роли наблюдателя в релятивистской физике.

Теоретические, методологические и эстетические предпосылки возникновения ОТО. Роль принципа эквивалентности инерционной и гравитационной масс в ОТО. Статус субстанциальной и реляционной концепций пространства-времени в ОТО. Проблема взаимоотношения пространственно-временного континуума и гравитационного поля. Пространство-время и вакуум.

Концепция геометризации физики на современном этапе. Понятие калибровочных полей. Интерпретация взаимодействий в рамках теории калибровочных полей. Топологические свойства пространства-времени и фундаментальные физические взаимодействия.

Тема 4. Проблемы детерминизма

Концепция детерминизма и ее роль в физическом познании. Детерминизм и причинность. Дискуссии в философии науки по поводу характера причинных связей. Критика Д.Юмом принципа причинности как порождающей связи. Причинность и закон. Противопоставление причинности и закона в работах О.Конта. Критика концепции Конта в работах Б.Рассела, Р.Карнапа, К.Поппера. Идея существования двух уровней причинных связей: наглядная и теоретическая причинность.

Причинность и целесообразность. Телеология и телеономизм. Причинное и функциональное объяснение. Вклад дарвинизма и кибернетики в демистификацию понятия цели. Понятие цели в синергетике.

Понятие “светового конуса” и релятивистская причинность. Проблемы детерминизма 5 в классической физике. Концепция однозначного (жесткого) детерминизма. Статистические закономерности и вероятностные распределения в классической физике. Вероятностный характер закономерностей микромира. Статус вероятности в классической и квантовой физике. Концепция вероятностной причинности. Попперовская концепция предрасположенностей и дилемма детерминизм-индетерминизм. Дискуссии по проблемам скрытых параметров и полноты квантовой механики. Философский смысл концепции дополненности Н.Бора и принципа неопределенности В.Гейзенберга.

Изменение представлений о характере физических законов в связи с концепцией “Большого взрыва” в космологии и с формированием синергетики. Причинность в открытых неравновесных динамических системах.

Тема 5. Познание сложных систем и физика

Системные идеи в физике. Представление о физических объектах как системах. Три типа систем: простые механические системы; системы с обратной связью; системы с саморазвитием (самоорганизующиеся системы).

Противоречие между классической термодинамикой и эволюционной биологией и концепция самоорганизации. Термодинамика открытых неравновесных систем И. Пригожина. Статус понятия времени в механических системах и системах с саморазвитием. Необратимость законов природы и “стрела времени”. Синергетика как один из источников эволюционных идей в физике. Детерминированный хаос и эволюционные проблемы.

Тема 6. Проблема объективности в современной физике

Квантовая механика и постмодернистское отрицание истины в науке. Неоднозначность термина “объективность” знания: объективность как “объектность” описания (описание реальности без отсылки к наблюдателю); и объективность в смысле адекватности теоретического описания действительности.

Проблематичность достижения “объектности” описания и реализуемость получения знания, адекватного действительности.

Трудности достижения объективно истинного знания. “Недоопределенность” теории эмпирическими данными и внеэмпирические критерии оценки теорий. “Теоретическая нагруженность” экспериментальных данных и теоретически нейтральный язык наблюдения.

Роль социальных факторов в достижении истинного знания. Критическая традиция в научном сообществе и условие достижения объективно истинного знания (К. Поппер).

Тема 7. Физика, математика и компьютерные науки

Роль математики в развитии физики. Математика как язык физики. Математические методы и формирование научного знания. Три этапа математизации знания: феноменологический, модельный, фундаментально-теоретический.

“Коэволюция” вычислительных средств и научных методов.

Понятие информации: генезис и современные подходы. Материя, энергия, информация как фундаментальные категории современной науки. Проблема включаемости понятия информации в физическую картину мира. Связь информации с понятием энтропии. Проблема описания информационно открытых систем. Квантовые корреляции и информация.

Р. Фейнман о возможности моделирования физики на компьютерах. Ограничения на моделирование квантовых систем с помощью классического компьютера. Понятие квантового компьютера. Вычислительные машины и принцип Черча-Тьюринга. Квантовая теория сложности. Связи между принципом Черча-Тьюринга и разделами физики.

Часть 3. История науки.

История физики

Тема 1. Вводная часть

Натурфилософские корни физики. Физика в системе естественных наук. Физика и техника. Эксперимент и теория. Физические явления, законы природы и принципы физики.

Математические структуры физических теорий. Физика и философия. Институционализация физики. Научное сообщество физиков. Методологические подходы к изучению развития физики: картины мира, исследовательские программы, научные революции.

Тема 2. Доклассическая физика

2.1. Физические знания в Античности. От натурфилософии к статике Архимеда и геоцентрической системе Птолемея.

Эволюция представлений о природе и её первоначалах у досократиков. Античные атомисты (Левкипп, Демокрит, Эпикур, Лукреций Кар). Пифагор и Платон — провозвестники математического естествознания. Физика и космология Аристотеля. Евклид и его «Начала». Архимед и Герон Александрийский: законы рычага и гидростатики, пять простых машин.

Проблема измерения времени. Оптика Евклида, Архимеда, Герона Александрийского и Птолемея. Геоцентрическая система мира Птолемея.

2.2. Физика Средних веков (XI–XIV вв.).

Упадок европейской науки. Освоение античного знания арабской наукой: статика и учение об удельных весах (аль-Бируни, аль-Хазини и др.), оптика (Альхазен и др.), строение вещества (Аверроэс). Влияние арабов на возрождающуюся европейскую науку XI–XIII вв.

Возникновение университетов. Статистика в сочинениях Иордана Неморария. Кинематические исследования У. Гейтсбери и Т. Брэдвардина (понятие скорости неравномерного движения), а также У. Оккама и Ж. Буридана (концепция импетуса и проблема относительности движения). Учение о свете (Р. Гроссетест, Р. Бэкон, Э. Вителлий).

2.3. Физика в эпоху Возрождения и коперниканская революция в астрономии (XV – XVI вв.).

Возрождение культурных ценностей античности. Феномен гуманизма и его связь с познанием природы. Сближение инженерного дела и естественных наук.

Физические открытия, механика и изобретения Леонардо да Винчи (законы трения, явления капиллярности, фотометрия и геометрическая оптика и т. д.). Статика и гидростатика С. Стевина. Н. Тарталья, Дж. Бенедетти и др. — предшественники галилеевского учения о движении. Создание Н. Коперником гелиоцентрической системы мира — важная предпосылка научной революции XVII в.

Тема 3. Научная революция XVII в. и её вершина — классическая механика Ньютона

3.1. Подготовительный, предньютоновский период.

Кеплеровские законы движения планет. Механика Г. Галилея. Метод мысленного эксперимента. Закон падения тел, принципы инерции и относительности, параболическая траектория движения снаряда. Галилей — наблюдатель и экспериментатор. Процесс Галилея. Методология науки в сочинениях Ф. Бэкона и Р. Декарта. Картезианская картина мира и вклад Декарта в физику. Академии — основная форма институционализации науки.

Механика Х. Гюйгенса. Динамика равномерного кругового движения, формула центростремительной силы. Маятниковые часы. Законы сохранения. Теория физического маятника. Теория упругого удара.

Основные достижения физики XVII в. Исследования У. Гильберта в области электричества и магнетизма. Геометрическая оптика Кеплера, В. Снеллиуса и Декарта; принцип П. Ферма. Конечность скорости света (О. Рёмер). Наблюдения дифракции света (Ф. Гримальди, Р. Гук). Учение о пустоте, пневматика, учение о газах и теплоте (О. Герице, Э. Торричелли, Б. Паскаль, Р. Бойль и др.).

3.2. Создание Ньютоном основ классической механики.

«Математические начала натуральной философии» Ньютона. Путь Ньютона к созданию «Начал». Структура «Начал». Представление о пространстве и времени (абсолютные пространство и время, симметрии пространства и времени, принцип относительности). Три основных закона ньютоновской механики. Закон всемирного тяготения и небесная механика. Вывод законов Кеплера. Место законов сохранения в системе Ньютона. Ньютоновская космология. Геометрические и дифференциально-аналитические формулировки законов механики. Вклад Г. Лейбница в механику. Оптика Ньютона.

3.3. Триумф ньютонианства и накопление физических знаний в век Просвещения — XVIII в.

Восприятие механики Ньютона в континентальной Европе. Аналитическое развитие механики: от Л. Эйлера и Ж. Даламбера до Ж. Л. Лагранжа и У. Р. Гамильтона. Создание основ гидродинамики (Л. Эйлер, Д. Бернулли, Даламбер). Успехи небесной механики, особенно в трудах П. С. Лапласа. Предвосхищение идеи “чёрных дыр” Дж. Мичелом и Лапласом, а также эффекта отклонения луча света, проходящего около массивного тела (И. Г. фон Зольднер). Классико-механическая картина мира (программа “молекулярной механики” Лапласа).

Исследование электричества и магнетизма — на пути к количественному эксперименту (Г. Рихман, Г. Кавендиш, О. Кулон). Флюидные и эфирные представления об электричестве Б.

Франклина, Ф. Эпинуса, М. В. Ломоносова и Л. Эйлера. “Гальванизм” и явление электрического тока (Л. Гальвани, А. Вольта, В. В. Петров).

Развитие основных понятий учения о теплоте; представление о теплороде и кинетической природе теплоты (М. В. Ломоносов, Дж. Блэк, А. Лавуазье). Корпускулярная оптика: от Ньютона до Лапласа. Элементы волновых представлений о свете (Эйлер).

Тема 4. Классическая наука (XIX в.)

4.1. Начало формирования классической физики на основе точного эксперимента, феноменологического подхода и математического анализа (1800–1820-е гг.).

Парижская политехническая школа – детище Великой французской революции и лидер математико-аналитического подхода к физике. Волновая теория света О. Френеля (её развитие в работах О. Коши). Электродинамика (от Х. Эрстеда к А. М. Амперу). Теория теплопроводности Ж. Фурье. Теория тепловых машин С. Карно. Ключевая концепция Фурье — физика как теория дифференциальных уравнений с частными производными 2-го порядка. Освоение французского опыта в Германии (Г. С. Ом, Фр. Нейман и др.), Британии (Дж. Грин, У. Томсон и др.), России (Н. И. Лобачевский, М. В. Остроградский и др.). Формирование физики как научной дисциплины в России (от Э. Х. Ленца до А. Г. Столетова).

4.2. Единая полевая теория электричества, магнетизма и света: от М. Фарадея к Дж. К. Максвеллу (1830–1860-е гг.).

Накопление знаний об электричестве и магнетизме в 1820–1830-е гг. (Дж. Генри, М. Фарадей, Э. Х. Ленц, Б. С. Якоби и др.).

Фарадеевская программа синтеза физических взаимодействий на основе концепции близкодействия. Открытие Фарадеем электромагнитной индукции. Силовые линии и идея поля у Фарадея. Электродинамика дальнего действия и её конкуренция с программой близкодействия (В. Вебер, Ф. Нейман, Г. Гельмгольц и др.). Генезис теории электромагнитного поля Максвелла. Уравнения Максвелла. Электромагнитные волны и электромагнитная теория света. Представление о локализации и потоке энергии электромагнитного поля (Н. А. Умов, Дж. Пойнтинг и др.). Опыты Г. Герца с электромагнитными волнами и другие экспериментальные подтверждения теории (в частности, обнаружение П. Н. Лебедевым светового давления). Симметричная формулировка уравнений Максвелла Г. Герцем и О. Хевисайдом. Изобретение радио (А. С. Попов, Г. Маркони).

4.3. Физика тепловых явлений. Закон сохранения энергии и основы термодинамики (1840–1860-е гг.).

Открытие закона сохранения энергии как соотношения энергетической эквивалентности всех видов движения и взаимодействия (Дж. П. Джоуль, Г. Гельмгольц и Р. Майер, 1840-е гг.). Введение У. Томсоном абсолютной шкалы температуры. Соединение идей С. Карно с концепцией сохранения энергии — рождение термодинамики в работах Р. Клаузиуса, У. Томсона и У. Ранкина (1850-е гг.). Второе начало термодинамики для обратимых и необратимых процессов, понятие энтропии и проблема “тепловой смерти” Вселенной. Последующее развитие термодинамики: химическая термодинамика Дж. У. Гиббса, третье начало термодинамики В. Нернста и элементы термодинамики неравновесных процессов.

4.4. Физика тепловых явлений. Кинетическая теория газов и статистическая механика (1850–1900-е гг.).

Кинетическая теория газов Клаузиуса и Максвелла (и их предшественники). Создание основ статистической механики: распределение Максвелла – Больцмана, от попытки механического обоснования 2-го начала термодинамики к его статистическому обоснованию Больцманом. Кинетическое уравнение Больцмана. Развитие статистической механики Гиббсом. Теория Броуновского движения и доказательство реальности существования атомов (А. Эйнштейн, М. Смолуховский, Ж. Перрен). Э르고дическая гипотеза и её развитие в XX в. Статистическая физика.

Тема 5. Научная революция в физике в первой трети XX в. и её вершина – квантово-релятивистские теории

5.1. Экспериментальный прорыв в микромир; кризис классической физики; электромагнитно-полевая картина мира.

Лавина экспериментальных открытий: рентгеновские лучи, радиоактивность, электрон, эффект Зеемана (В. К. Рентген, А. Беккерель, Дж. Томсон, М. Складовская-Кюри, П. Кюри, Э. Резерфорд и др.). Кризис классической физики: проблемы эфирного ветра (А. Майкельсон, Х. А. Лоренц, Дж. Фитцджеральд и др.), распределения энергии в спектре чёрного тела (В. Вин, О. Люммер, Э. Принсгейм, Г. Рубенс, Ф. Курлбаум, М. Планк), статистического обоснования 2-го начала термодинамики (Больцман, Гиббс и др.); критика классико-механической картины мира (Э. Мах, П. Дюгем, А. Пуанкаре). Электронная теория Х. А. Лоренца и электромагнитно-полевая картина мира.

5.2. Квантовая теория излучения М. Планка. Световые кванты А. Эйнштейна (1900-е гг.).

Предыстория: понятие абсолютно чёрного тела, законы теплового излучения (Г. Кирхгоф, Й. Стефан, Л. Больцман). Проблема распределения энергии в спектре излучения абсолютно чёрного тела и её светотехнические истоки. Первые попытки решения проблемы: формулы В. А. Михельсона, В. Вина, Дж. Релея, М. Планка. Квантовая гипотеза Планка; постоянная Планка; планковский закон излучения. Световые кванты Эйнштейна и квантовая теория фотоэффекта. Открытия Эйнштейном корпускулярно-волнового дуализма для света. Введение понятия индуцированного излучения и вывод на его основе формулы Планка (Эйнштейн): важное значение этого понятия для квантовой электроники.

5.3. Специальная теория относительности (1900-е гг.).

Сокращение Фитцджеральда – Лоренца и преобразования Лоренца, А. Пуанкаре и Эйнштейна (1904–1906 гг.) — создание фундамента специальной теории относительности. Завершение теории Эйнштейна: аксиоматика теории, операционально-измерительная и релятивистская трактовка теории, отказ от эфира. Экспериментальное подтверждение теории относительности. Четырёхмерная формулировка теории Г. Минковским. Релятивистская перестройка классической физики. Возникновение на основе теории относительности теоретико-инвариантного подхода.

5.4. Общая теория относительности. Релятивистская космология. Проекты геометрического полевого синтеза физики (1910–1920-е гг.).

Положение в теории тяготения на рубеже XIX и XX вв. Принцип эквивалентности Эйнштейна, основанный на релятивистском истолковании равенства инертной и гравитационной масс.

Тензорно-геометрическая концепция гравитации. Открытие общековариантных уравнений гравитационного поля — завершение основ теории. Возникновение релятивистской космологии: от А. Эйнштейна до А. А. Фридмана. Последующее развитие теории (гравитационные волны, закон сохранения энергии-импульса и теоремы Э. Нетер и др.) и её экспериментальное подтверждение (А. Эддингтон и др.). Проекты единых теорий поля, основанные на идее геометризации физических взаимодействий, и их неудачи (теории Г. Вейля, Т. Калуцы, А. Эйнштейна). Эвристическое значение единых теорий поля.

5.5. Квантовая теория атома водорода Н. Бора и её обобщение (1910–1920-е гг.).

Сериальные спектры и ранние модели структуры атомов. Открытие Э. Резерфордом ядерного строения атомов. Квантовая теория атома водорода Бора. Принцип соответствия Бора. Квантовые условия Бора – А. Зоммерфельда. Объяснение оптических и рентгеновских спектров атомов. Попытки объяснения периодической системы элементов. Принцип запрета В. Паули и спин электрона. Трудности теории. Квантовая теория дисперсии и гипотеза Н. Бора, Х. Крамерса и Дж. Слэтера о статистическом характере закона сохранения энергии и импульса.

5.6. Квантовая механика (1925–1930-е гг.).

Квантовая механика в матричной форме (В. Гейзенберг, М. Борн, П. Иордан). Волны вещества Л. де Бройля и волновая механика Э. Шредингера. Экспериментальное подтверждение волновой природы микрочастиц (К. Дэвиссон, А. Джермер, Дж. П. Томсон). Развитие операторной формулировки квантовой механики (П. Дирак и др.) и доказательство эквивалентности её различных форм. Вероятностная интерпретация квантовой механики (М. Борн). Принципы неопределённости (Гейзенберг) и дополнителности (Бор) – основа физической интерпретации квантовой механики. Проблема причинности в квантовой механике и дискуссии между Бором и Эйнштейном. Квантовые статистики, симметрия и спин.

Важнейшие приложения квантовой механики (в частности, работы советских учёных Я. И. Френкеля, В. А. Фока, Л. И. Мандельштама, И. Е. Тамма, Г. А. Гамова, Л. Д. Ландау). Открытие комбинационного рассеяния света (Ч. Раман, Л. И. Мандельштам, Г. С. Ландсберг). Основные центры и научные школы отечественной физики в 1920–1940-е гг. (школы А. Ф. Иоффе, Д. С. Рождественского, Л. И. Мандельштама, С. И. Вавилова, Л. Д. Ландау и др.).

5.7. Квантовая электродинамика, релятивистская квантовая теория электрона и квантовая теория поля (1927–1940-е гг.).

Проблема квантования электромагнитного поля до создания квантовой механики (П. Эренфест, П. Дебай, А. Эйнштейн). Квантовая теория излучения П. Дирака. Релятивистские волновые уравнения (Э. Шредингер, О. Клейн, В. А. Фок, В. Гордон).

Уравнение Дирака для электрона, включающее теорию спина. Дираковские теория “дырок” и открытие позитрона. Общая схема построения квантовой теории поля по В. Гейзенбергу и В. Паули. Соотношение неопределённостей в квантовой электродинамике. Проблема расходимостей и её решение в конце 40-х гг. (Р. Фейнман и др.). Экспериментальное подтверждение квантовой электродинамики.

5.8. Физика атомного ядра и элементарных частиц (от нейтрона до мезонов). Космические лучи и ускорители заряженных частиц (1930–1940-е гг.).

1932 г. — решающий год в развитии физики ядра и элементарных частиц (открытие Дж. Чедвиком нейтрона, гипотеза Д. Д. Иваненко и В. Гейзенберга о протонно-нейтронном строении ядра, первые ядерные реакции с искусственно ускоренными протонами и др.). Эффект Вавилова — Черенкова, его объяснение и последующее применение в ядерной физике (П. А. Черенков, И. Е. Тамм, И. М. Франк — первая отечественная Нобелевская премия по физике). Космические лучи. Первые ускорители заряженных частиц. Первые теории ядерных сил (И. Е. Тамм, В. Гейзенберг, Х. Юкава). Открытие сильных и слабых взаимодействий элементарных частиц. Ядерные модели. Искусственная радиоактивность. Воздействие нейтронов на ядра (Э. Ферми, И. В. Курчатов и др.). Открытие ядерного деления (О. Ган и Ф. Штрассман, Л. Мейтнер и О. Фриш), теория деления Бора – Дж. Уилера и Я. И. Френкеля. Принцип автофазировки (В. И. Векслер, Э. Мак-Миллан) и разработка нового поколения циклических ускорителей.

Тема 6. Основные линии развития современной физики (вторая половина XX в.)

6.1. Ядерное оружие и ядерные реакторы. Проблемы управляемого термоядерного синтеза.

Цепная ядерная реакция деления урана и введение понятия критической массы. Первые инициативы о принятии государственных программ по созданию атомной бомбы (Англия, США, Германия, СССР). Пуск первого ядерного реактора (США, Э. Ферми, 1942). Два основных направления развития государственных ядерных программ: плутониевое — с использованием ядерных реакторов; и урановое — с использованием разделительных установок. Создание атомной промышленности и первых атомных бомб в США (1945) и СССР (1949) (под руководством Р. Оппенгеймера и И. В. Курчатова).

Предыстория освоения термоядерной энергии. Создание термоядерного оружия в США и СССР. Атомная энергетика. Проблема термоядерного синтеза в Англии, США и СССР. Резкий рост физических исследований, вызванный “ядерной революцией” в военном деле, промышленности и энергетике. Политические, социальные и этические аспекты “ядерной революции” во 2-й половине XX в.

6.2. Физика конденсированного состояния и квантовая электроника.

Квантовая механика – теоретическая основа физики конденсированного состояния (ФКС) и квантовой электроники (КЭ). Зонная теория. Метод квазичастиц. Магнитно-резонансные явления: электронный парамагнитный резонанс (ЭПР, Е. К. Завойский) и ядерный магнитный резонанс (ЯМР). Исследование полупроводников и открытие транзисторного эффекта. Физика явлений сверхпроводимости и сверхтекучести. Теория фазовых переходов. Гетероструктуры.

Радиоспектроскопические предпосылки квантовой электроники. Создание мазеров и лазеров. ФКС и КЭ – важные источники технических приложений физики второй половины XX в. Воздействие идей и методов ФКС и КЭ на смежные области физики, химию, биологию и

медицину. Основные научные центры и школы в области ФКС и КЭ. Значительность отечественного вклада в оба направления (ФКС — школа А. Ф. Иоффе, П. Л. Капица, Л. Д. Ландау, Ж. И. Алфёров и др.; КЭ — Н. Г. Басов, А. М. Прохоров и др.).

6.3. Физика высоких энергий: на пути к стандартной модели.

Интенсивное развитие физики элементарных частиц и высоких энергий, вызванное успешной реализацией национальных ядерно-оружейных программ (1950–1960-е гг.). Создание больших ускорителей заряженных частиц. Коллайдеры и накопительные кольца. Пузырьковые камеры и другие средства регистрации частиц.

Квантовая теория поля – теоретическая основа физики элементарных частиц. Физика нейтрино и слабых взаимодействий. Концепция калибровочного поля и разработка на её основе перенормируемых квантовой хромодинамики (КХД) (современного аналога теории сильных взаимодействий) и единой теории электрослабых взаимодействий.

6.4. Релятивистские астрофизика и космология.

Теоретическая основа астрофизики и космологии – общая теория относительности. Волна открытий в астрофизике и космологии 1960-х гг., связанных с развитием радиотелескопов, рентгеновской и гамма-астрономии. Открытие квазаров; реликтового излучения, подтверждающего гипотезу “горячей Вселенной”; пульсаров, отождествлённых с нейтронными звёздами. Рентгеновские и гамма-телескопы на искусственных спутниках Земли (ИСЗ). Развитие физики чёрных дыр. Нейтринная астрономия. Инфляционная космология. Проблема гравитационных волн. Гравитационные линзы. Проблема скрытой массы. Космологические модели с λ -членом в уравнениях Эйнштейна и космический вакуум.

Тема 7. Заключительная часть

Общая характеристика квантово-релятивистской картины мира (парадигма). Нерешённые проблемы физики в начале XXI в. Проблема единой теории 4-х фундаментальных взаимодействий. Квантовая теория гравитации и суперструны. Проблема грядущих научных революций в физике.

5. Форма промежуточной аттестации: кандидатский экзамен.

Аннотация дисциплины «Иностранный язык»

Научная специальность 1.3.4 «Радиофизика»

1. Дисциплина относится к обязательной части.
2. *Целью освоения дисциплины является* формирование у аспирантов необходимого для сдачи кандидатского экзамена уровня знаний, умений и навыков в области чтения, говорения, аудирования, перевода, аннотирования, реферирования и письма.
3. Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетные единицы, 144 часа.

4. Содержание дисциплины:

1. Виды речевой коммуникации

1.1. *Говорение.* Аспирант должен владеть подготовленной, а также неподготовленной монологической речью, уметь делать резюме, сообщения, доклад на иностранном языке; диалогической речью в ситуациях научного, профессионального и бытового общения в пределах изученного языкового материала и в соответствии с избранной специальностью.

1.2. *Аудирование.* Аспирант должен уметь понимать на слух оригинальную монологическую и диалогическую речь по специальности, опираясь на изученный языковой материал, фоновые страноведческие и профессиональные знания, навыки языковой и контекстуальной догадки.

1.3. *Чтение.* Аспирант должен уметь читать, понимать и использовать в своей научной работе оригинальную научную литературу по специальности, опираясь на изученный языковой материал, фоновые страноведческие и профессиональные знания и навыки языковой и контекстуальной догадки. Владеть всеми видами чтения (изучающее, ознакомительное, поисковое и просмотровое).

1.4. *Письмо.* Аспирант должен владеть умениями письма в пределах изученного языкового материала, в частности уметь составить план (конспект) прочитанного, изложить содержание прочитанного в форме резюме; написать сообщение или доклад по темам проводимого исследования.

2. Языковой материал

2.1. *Виды речевых действий и приемы ведения общения*

При отборе конкретного языкового материала необходимо руководствоваться следующими функциональными категориями:

Передача фактуальной информации: средства оформления повествования, описания, рассуждения, уточнения, коррекции услышанного или прочитанного, определения темы сообщения, доклада и т.д.

Передача эмоциональной оценки сообщения: средства выражения одобрения/неодобрения, удивления, восхищения, предпочтения и т.д.

Передача интеллектуальных отношений: средства выражения согласия/несогласия, способности/неспособности сделать что-либо, выяснение возможности/невозможности сделать что-либо, уверенности/неуверенности говорящего в сообщаемых им фактах.

Структурирование дискурса: оформление введения в тему, развитие темы, смена темы, подведение итогов сообщения, инициирование и завершение разговора, приветствие, выражение благодарности, разочарования и т.д.;

владение основными формулами этикета при ведении диалога, научной дискуссии, при построении сообщения и т.д.

2.2. Фонетика

Интонационное оформление предложения: словесное, фразовое и логическое ударения, мелодия, паузация; фонологические противопоставления, релевантные для изучаемого языка: долгота/краткость, закрытость/открытость гласных звуков, звонкость/глухость конечных согласных и т.п.

2.3. Лексика

Лексический запас сдающего кандидатский экзамен должен составить не менее 5500 лексических единиц с учетом вузовского минимума и потенциального словаря, включая примерно 500 терминов профилирующей специальности.

2.4. Грамматика

Английский язык

Порядок слов простого предложения. Сложное предложение: сложносочиненное и сложноподчиненное предложения. Союзы и относительные местоимения. Эллиптические предложения. Бессоюзные придаточные. Употребление личных форм глагола в активном и пассивном залогах. Согласование времен. Функции инфинитива: инфинитив в функции подлежащего, определения, обстоятельства. Синтаксические конструкции: оборот «дополнение с инфинитивом» (объектный падеж с инфинитивом); оборот «подлежащее с инфинитивом» (именительный падеж с инфинитивом); инфинитив в функции вводного члена; инфинитив в составном именном сказуемом (*be + инф.*) и в составном модальном сказуемом; оборот «*for+smb. To do smth. ...*»), Сослагательное наклонение. Модальные глаголы. Модальные глаголы с простым и перфектным инфинитивом. Атрибутивные комплексы (цепочки существительных). Эмфатические (в том числе инверсионные) конструкции в форме *Continuous* или пассива; инвертированное придаточное уступительное или причины; двойное отрицание. Местоимения, слова-заместители (*that (of), those (of), this, these, do, one, ones*), сложные и парные союзы, сравнительно-сопоставительные обороты (*as...as, not so...as, the...the*).

Французский язык

Порядок слов простого предложения. Сложное предложение: сложносочиненное и сложноподчиненное предложения. Союзы. Употребление личных форм глаголов в активном залоге. Согласование времен. Пассивная форма глагола. Возвратные глаголы в значении пассивной формы. Безличные конструкции. Конструкции с инфинитивом: *avoir à + infinitif, être à + infinitif, laisser + infinitif, faire + infinitif*. Неличные формы глагола: инфинитив настоящего и прошедшего времени; инфинитив, употребляемый с предлогами; инфинитивный оборот. Причастие настоящего времени; причастие прошедшего времени; деепричастие; сложное причастие прошедшего времени. Абсолютный причастный оборот. Условное наклонение. Сослагательное наклонение. Степени сравнения прилагательных и наречий. Местоимения: личные, относительные, указательные; местоимение среднего рода *le*, местоимения-наречия *en* и *y*.

Немецкий язык

Простые распространенные, сложносочиненные и сложноподчиненные предложения. Рамочная конструкция и отступления от нее. Место и порядок слов придаточных предложений. Союзы и корреляты. Бессоюзные придаточные предложения. Распространенное определение. Причастие I с *zu* в функции определения. Приложение. Степени сравнения прилагательных. Указательные местоимения в функции замены существительного. Однородные члены предложения разного типа. Инфинитивные и причастные обороты в различных функциях. Модальные конструкции *sein* и *haben + zu + infinitiv*. Модальные глаголы с инфинитивом I и II актива и пассива. Конъюнктив и кондиционалис в различных типах предложений. Футурум I и II в модальном значении. Модальные слова. Функции пассива и конструкции *sein + Partizip II* (статива). Трехчленный, двучленный и одночленный (безличный пассив). Сочетания с послелогом, предлогами с уточнителями. Многозначность и синонимия союзов, предлогов, местоимений, местоименных наречий и т.д. Коммуникативное членение предложения и способы его выражения.

5. Форма промежуточной аттестации: кандидатский экзамен.

Аннотация дисциплины «Радиофизика»

Научная специальность 1.3.4 «Радиофизика»

1. Дисциплина «Радиофизика» относится к обязательной части.
2. *Целью освоения дисциплины является* ознакомление обучаемых с современными методами описания волновых процессов для дальнейшего их использования в научной работе и на практике. Данная дисциплина ориентирована на подготовку к сдаче кандидатского экзамена по научной специальности «Радиофизика». Содержание дисциплины направлено на усвоение аспирантами совокупности основных физических принципов, закономерностей и методов исследования, составляющих фундамент современной радиофизики.
3. Общая трудоемкость дисциплины составляет 6 зачетных единиц, 216 часов.
4. **Содержание дисциплины:**

Тема 1. Теория колебаний

Линейные колебательные системы с одной степенью свободы. Силовое и параметрическое воздействие на линейные и слабонелинейные колебательные системы. Автоколебательная система с одной степенью свободы. Энергетические соотношения в автоколебательных системах. Методы расчета автоколебательных систем. Воздействие гармонического сигнала на автоколебательные системы. Синхронизация. Явления затягивания и гашения колебаний. Применение затягивания для стабилизации частоты. Аналитические и качественные методы теории нелинейных колебаний. Анализ возможных движений и бифуркаций в фазовом пространстве: метод малого параметра, метод Ван-дер-Поля, метод Крылова-Боголюбова. Укороченные уравнения. Усреднение в системах, содержащих быстрые и медленные движения. Колебательные системы с двумя и многими степенями свободы. Нормальные колебания. Вынужденные колебания. Автоколебательные системы с двумя и более степенями свободы. Взаимная синхронизация колебаний двух генераторов. Параметрическое усиление и параметрическая генерация. Параметрические усилители и генераторы. Деление частоты. Устойчивость стационарных режимов автономных и неавтономных колебательных систем. Временные и спектральные методы оценки устойчивости. Собственные и вынужденные колебания линейных распределенных систем. Собственные функции системы (моды). Разложение вынужденных колебаний по системе собственных функций. Распределенные автоколебательные системы. Лазер как пример такой системы. Условия самовозбуждения. Одномодовый и многомодовый режимы генерации. Хаотические колебания в динамических системах. Понятие о хаотическом (странном) аттракторе. Возможные пути потери устойчивости регулярных колебаний и перехода к хаосу.

Тема 2. Теория волн

Плоские однородные и неоднородные волны. Плоские акустические волны в вязкой теплопроводящей среде, упругие продольные и поперечные волны в твердом теле, электромагнитные волны в среде с проводимостью. Поток энергии. Поляризация. Распространение сигнала в диспергирующей среде. Простейшие физические модели диспергирующих сред. Волновой пакет в первом и втором приближении теории дисперсии. Фазовая и групповая скорости. Параболическое уравнение для огибающей. Расплывание и компрессия импульсов. Поле в средах с временной дисперсией. Дисперсионные соотношения Крамерса-Кронига и принцип причинности. Свойства электромагнитных волн в анизотропных средах. Оптические кристаллы, уравнение Френеля, обыкновенная и необыкновенная волны. Магнитоактивные среды. Тензор диэлектрической проницаемости плазмы в магнитном поле; нормальные волны, их поляризация. Волны в периодических структурах. Механические цепочки, акустические и оптические фононы. Полосы пропускания и непрозрачности.

Электрические цепочки, сплошная среда со слабыми периодическими неоднородностями. Связанные волны. Приближение геометрической оптики. Уравнения эйконала. Дифференциальное уравнение луча. Лучи и поле волны в слоисто-неоднородных средах. Электромагнитные волны в металлических волноводах. Диэлектрические волноводы, световоды. Линзовые линии и открытые резонаторы. Гауссовские пучки. Метод Кирхгофа в теории дифракции. Функции Грина. Условия излучения. Дифракция в зоне Френеля и Фраунгофера. Характеристики поля в фокусе линзы. Волны в нелинейных средах без дисперсии. Образование разрывов. Ударные волны. Уравнение Бюргера для диссипативной среды и свойства его решений. Генерация гармоник исходного монохроматического сигнала, эффекты нелинейного поглощения, насыщения и детектирования. Уравнение Кортевега-де-Вриза и синус-Гордона. Стационарные волны. Понятие о солитонах. Взаимодействия плоских волн в диспергирующих средах. Генерация второй гармоники. Параметрическое усиление генерации. Самовоздействие волновых пучков. Самофокусировка света. Приближения нелинейной квазиоптики и нелинейной геометрической оптики. Обращение волнового фронта. Интенсивные акустические пучки; параметрические излучатели звука.

Тема 3. Статистическая радиофизика

Случайные величины и процессы, способы их описания. Стационарный случайный процесс. Статистическое усреднение и усреднение во времени. Эргодичность. Изменение вероятностей и средних значений. Корреляционные и спектральные характеристики стационарных случайных процессов. Теорема Винера-Хинчина. Белый шум и другие примеры спектров и корреляционных функций. Модели случайных процессов: гауссовский процесс, узкополосный стационарный шум, импульсные случайные процессы, дробовой шум. Отклик линейной системы на шумовые воздействия, функция Грина, интеграл Дюамеля. Действие шума на колебательный контур, фильтрация шума. Нелинейные преобразования (умножения частоты и амплитудное детектирование узкополосного шума). Марковские и диффузионные процессы. Уравнение Фоккера-Планка. Броуновское движение, Флуктуационно-диссипационная теорема. Тепловой шум; классический и квантовый варианты формулы Найквиста. Тепловое излучение абсолютно чёрного тела. Случайные поля. Пространственная и временная когерентность. Дифракция случайных волн. Теорема Ван Циттерта-Цернике. Дифракция регулярной волны на случайном фазовом экране. Тепловое электромагнитное поле. Теорема взаимности. Рассеяние волн в случайно-неоднородных средах. Борновское приближение, метод плавных возмущений. Рассеяние волн на шероховатой поверхности. Понятие об обратной задаче рассеяния. Взаимодействие случайных волн. Генерация второй оптической гармоники, самофокусировка и самомодуляция частично когерентных волн. Преобразование спектров шумовых волн в нелинейных средах без дисперсии.

Тема 4. Принципы усиления, генерации и управления сигналами

Принцип работы, устройство и параметры лазеров (примеры: гелий-неоновый лазер, лазер на рубине, полупроводниковый лазер). Оптические резонаторы. Резонатор Фабри-Перо, конфокальный и концентрический резонаторы. Неустойчивый резонатор. Продольные и поперечные типы колебаний. Спектр частот и расходимость излучения. Добротность. Режимы работы лазеров: непрерывный режим генерации, режим модуляции добротности резонатора, режим синхронизации мод. Сверхкороткие импульсы. Шумы лазеров, формула Таунса и предельная стабильность частоты. Оптические компрессоры и получение фемтосекундных импульсов. Молекулярный генератор. Квантовые стандарты частоты (времени). Волноводы, длинные линии и резонаторы. Критическая частота и критическая длина волны в волноводе. *TE*-, *TH*- *TEM*-волны. Диэлектрические волноводы. Периодические структуры и замедляющие системы. Волновое сопротивление. Усилители СВЧ-диапазона (резонаторный, бегущей волны). Полоса пропускания усилителя бегущей волны. Генерация волн в СВЧ-диапазоне. Принцип работы и устройство лампы бегущей и обратной волны, магнетрона и клистрона. Отрицательное дифференциальное сопротивление и генераторы СВЧ на полевых транзисторах, туннельных диодах, диодах Ганна и лавиннопролетных диодах. Эффект Джозефсона. Взаимодействие волн пространственного заряда с акустическим полем, акустоэлектрический эффект. Принципы работы акустоэлектронных устройств (усилители ультразвука, линии

задержки, фильтры, конвольверы, запоминающие устройства). Взаимодействия света со звуком. Дифракция Брэгга и Рамана-Ната. Принципы работы устройств акустооптики (модуляторы и дефлекторы света, преобразователи свет-сигнал, акустооптические фильтры), анализаторы спектра и корреляторы. Линейный электрооптический и магнитооптический эффекты и их применение для управления светом.

Тема 5. Антенны и распространение радиоволн

Вибратор Герца. Ближняя и дальняя зоны. Диаграмма направленности. Коэффициент усиления и коэффициент рассеяния антенны. Антенны для ДВ-, СВ- и СВЧ-диапазонов. Параболическая антенна. Фазированные антенные решетки. Эффективная площадь и шумовая температура приемной антенны. Геометрическое и дифракционное приближения при анализе распространения радиоволн. Влияние неровностей земной поверхности. Земные и тропосферные радиоволны. Рассеяние и поглощение радиоволн в тропосфере. Эффект «замирания». Тропосферный волновод. Распространение радиоволн в ионосфере. Дисперсия и поглощение радиоволн в ионосферной плазме. Ионосферная рефракция. Ход лучей в подводном звуковом канале и тропосферном радиоволноводе.

Тема 6. Выделение сигналов на фоне помех

Задачи оптимального приема сигнала. Апостериорная плотность вероятности. Функция правдоподобия. Статистическая проверка гипотез. Критерии Байеса, Неймана-Пирсона и Вальда проверки гипотез. Априорные сведения о сигнале и шуме. Наблюдение и сообщение. Задачи интерполяции, фильтрации и экстраполяции. Линейная фильтрация Колмогорова-Винера на основе минимизации дисперсии ошибки. Принцип ортогональности ошибки и наблюдения. Реализуемые линейные фильтры и уравнение Винера-Хопфа. Выделение сигнала из шума. Согласованный фильтр. Линейный фильтр Калмана-Бьюси. Стохастические уравнения для модели сообщения и шума. Дифференциальные уравнения фильтра. Уравнение для апостериорной информации в форме уравнения Риккати. Сравнение фильтрации методом Колмогорова-Винера и Калмана-Бьюси. Основные задачи нелинейной фильтрации и синтеза систем.

5. Форма промежуточной аттестации: кандидатский экзамен.

Аннотация дисциплины
«Применение аппарата Марковских процессов для исследования
радиофизических систем»

Научная специальность 1.3.4 «Радиофизика»

1. Дисциплина относится дисциплинам по выбору.
2. *Целью освоения дисциплины является:* овладение методами анализа статистических характеристик непрерывных, дискретных и цифровых радиофизических систем на основе аппарата марковских процессов, овладение методами синтеза радиофизических систем.
3. Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетные единицы, 108 часов.

4. Содержание дисциплины:

Тема 1. Введение. Предмет и задачи курса. Математический аппарат. Вероятностное описание процессов. Условная вероятность перехода. Условная плотность распределения вероятности. Уравнение Колмогорова-Чепмена. Классификация Марковских процессов. Условия применимости Марковских моделей.

Тема 2. Цепи Маркова. Уравнение Маркова. Ориентированный граф. Однородные цепи Маркова. Матрица одношаговых вероятностей. Уравнение финальных вероятностей. Поглощающие цепи Маркова. Эргодические цепи Маркова. Простая однородная цепь Маркова с двумя состояниями. Статистическое нацеливание узких диаграмм направленности антенн приемо-передатчиков в системах связи. Автоматическая регулировка порога в самообучающейся схеме обнаружения.

Тема 3. Марковские последовательности. Уравнение Колмогорова-Чепмена. Построение условной плотности распределения вероятности. Решение уравнения К-Ч. Аналитические подходы решения. Стационарное решение. Задача о достижении границ.

Тема 4. Дискретные Марковские процессы. Дифференциальные уравнения для разрывных Марковских процессов с дискретными состояниями. Пуассоновский поток событий. Процесс гибели и размножения. Элементы теории надежности и массового обслуживания. Импульсные Марковские процессы с дискретными состояниями. Разрывные Марковские процессы с непрерывным множеством состояний.

Тема 5. Непрерывные Марковские процессы. Броуновское движение. Уравнение Колмогорова для непрерывных Марковских процессов. Белый шум и винеровский процесс. Связь уравнения Фоккера-Планка-Колмогорова с дифференциальным стохастическим уравнением. Решение уравнения Фоккера-Планка-Колмогорова. Задача о достижении границ. Многомерные диффузионные процессы.

Тема 6. Применение Марковских процессов в радиотехнических задачах. Границы применимости теории Марковских процессов в радиотехнических задачах. Воздействие шума на колебательный контур. Флюктуации амплитуды и фазы колебаний в автогенераторе. Воздействие шума на детектор с экспоненциальной характеристикой.

Тема 7. Применение аппарата Марковских процессов в задачах связи, управления и слежения. Основные соотношения для условных вероятностей состояний Марковского процесса. Фильтрация Марковского процесса с двумя состояниями из белого шума. Фильтрация Марковского процесса с дискретными состояниями из белого шума. Уравнения фильтрации Марковского сообщения из белого шума и Марковской помехи. Системы связи. Системы управления. Системы слежения.

5. **Форма промежуточной аттестации:** зачет.

Аннотация дисциплины «Электродинамика антенных устройств»

Научная специальность 1.3.4 «Радиофизика»

1. Дисциплина относится к дисциплинам по выбору.

2. *Целью освоения дисциплины является* подготовка специалистов в области электродинамики антенных устройств, физических основ построения и функционирования, а также методов расчёта основных параметров и характеристик антенн и устройств СВЧ.

3. Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетные единицы, 108 часов.

4. Содержание дисциплины:

Тема 1. Основы теории антенн и устройств СВЧ.

Структурная схема антенны. Простейшие излучатели линейной и круговой поляризации (вибраторы, рамки, турникеты, элементы Гюйгенса, микрополосковые элементы).

Тема 2. Параметры антенн в передающем и приемном режимах.

Комплексная характеристика направленности. Поляризационные и фазовые свойства. Коэффициент направленного действия (КНД), коэффициент усиления, ширина луча, уровень бокового излучения и другие параметры. Взаимосвязь между параметрами. Методы экспериментального исследования антенных устройств. Антенные полигоны, безэховые камеры, коллиматоры. Автоматизация антенных измерений и антенные эталоны. Поляризационные соотношения при радиоприеме. Эффективная поверхность и шумовая температура приемной антенны.

Тема 3. Антенные системы.

Требования, предъявляемые к антенным системам в современных технологиях беспроводной связи. Понятие антенной решётки (АР) Математическая модель антенных решёток изотропных излучателей: физика работы, типы антенных решеток и их классификация, множитель комбинирования. Применение в различных областях техники. Характеристики направленности АР. Расчёт диаграмм направленности АР. Фазированные антенные решетки (ФАР). Активная ФАР (АФАР). Цифровая ФАР (ЦАР). Интеллектуальные антенные системы (SMART-антенны).

Тема 4. Устройства СВЧ.

Основные параметры линии передачи (дисперсионная характеристика, затухание, электрическая прочность и др.). Классификация линий и краткий обзор по диапазонам волн. Единая математическая модель для отрезка линии передачи. Трансформация сопротивлений. Круговая номограмма. Фильтры СВЧ. Виды матриц - рассеяния, сопротивлений, проводимостей, передачи. Соотношения между матрицами. Способы измерений элементов матриц (включая автоматизированные). Ограничения на элементы матриц, налагаемые условиями взаимности, симметрии и отсутствия потерь. Составление матриц на примерах тройников, балансных устройств (двойной Т-мост, щелевой мост) и циркуляторов.

Тема 5. Антенны различных диапазонов волн и геометрий.

Характерные особенности антенн в зависимости от применяемого диапазона волн. Общие свойства антенн малых электрических размеров. Антенны длинных, средних, коротких волн. УКВ-антенны. Способы увеличения рабочей полосы частот. Логопериодические и логоспиральные антенны.

Тема 6. Аналитические методы электродинамического анализа устройств СВЧ и антенн.

Строгие методы решения электродинамической задачи применительно к синтезу и анализу антенн и устройств СВЧ. Области применимости строгих аналитических методов, ограничения моделей. Метод перестановочной двойственности. Метод зеркальных изображений. Метод электродинамических потенциалов. Метод разделения переменных

Фурье. Интегральные уравнения в задачах синтеза и анализа антенных устройств (уравнения Халлена, Поклингтона). Приближённые аналитические методы решения электродинамической задачи. Квазистатическое и квазиоптическое приближения. Метод физической оптики. Метод геометрической оптики. Универсальная теория дифракции.

Тема 7. Численные методы электродинамического анализа устройств СВЧ и антенн.

Численные методы решения электродинамической задачи применительно к синтезу и анализу антенн и устройств СВЧ. Области применимости строгих аналитических методов, ограничения моделей. Обобщённый метод взвешенных невязок. Метод Бубнова-Галёркина. Метод моментов. Метод коллокаций. Метод подобластей. Метод конечных разностей во временной области. Метод конечных элементов. Метод граничных элементов. Метод конечных интегралов. Метод эквивалентных участков линий передач. Обзор коммерческих и открытых программных продуктов для моделирования и расчёта характеристик антенных устройств/систем. Знакомство с открытыми программными продуктами. Примеры моделирования и расчёта антенных устройств различного назначения.

5. Форма промежуточной аттестации: зачет.

Аннотация дисциплины
«Исследование нелинейной динамики, хаотических явлений и самоорганизации в радиофизических системах»

Научная специальность 1.3.4 «Радиофизика»

1. Дисциплина относится к дисциплинам по выбору.
2. *Целями освоения дисциплины являются:* изучение основ теории колебаний электронных систем дискретного времени; изучение основных понятий и идей, связанных с информационными свойствами динамического хаоса.
3. Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетные единицы, 108 часов.
4. **Содержание дисциплины:**

Тема 1. Основы теории одномерных точечных отображений

Устойчивость состояния равновесия. Устойчивость периодических движений. Нейтральная устойчивость. Суперустойчивость. Полуустойчивость. Орбитная устойчивость. Сущность метода точечных отображений. Функция последования. Диаграмма Ламерея. Простые и кратные неподвижные точки. Теоремы Кенигса для простой неподвижной точки и кратного цикла.

Тема 2. Динамика линейного цифрового осциллятора

Вынужденные колебания в линейной системе 1-го порядка при гармоническом воздействии. Вынужденные колебания в нелинейной системе 1-го порядка при гармоническом воздействии: методика анализа, спектральные характеристики реакции, нелинейные искажения гармонического сигнала, избирательные свойства нелинейной системы.

Тема 3. Колебания в линейной и нелинейной системе 2-го порядка

Уравнения свободных колебаний в линейной системе 2-го порядка и их решения в общем виде. Характеристическое уравнение и его корни. Бифуркационная диаграмма состояний равновесия линейной системы второго порядка. Свободные колебания в линейной системе 2-го порядка, когда корни характеристического уравнения комплексно сопряженные, с модулем, равным 1. Область параметров. Тип состояния равновесия. Траектория движения. Вынужденные колебания в линейной системе 2-го порядка при гармоническом воздействии. Уравнения свободных колебаний в системе 2-го порядка с нелинейностью насыщения, пилообразной нелинейностью. Методика анализа процессов: разбиение характеристики сумматора, разбиение плоскости состояний, уравнения границ областей.

Колебания в автономной системе 2-го порядка с нелинейностью насыщения. Бифуркационная диаграмма периодов колебаний. Автономная система 2-го порядка с пилообразной нелинейностью: Уравнения движения в областях I, II, III. Движения с периодами $T=\{1; 2; 3\}$ (координаты инвариантных точек, область параметров). Вынужденные колебания в нелинейной системе 2-го порядка при гармоническом воздействии: методика анализа, спектральные характеристики реакции, нелинейные искажения гармонического сигнала, избирательные свойства нелинейной системы.

Тема 4. Свободные колебания в цифровой рекурсивной системе 1-го порядка

Методика анализа свободных колебаний и колебаний при постоянном входном воздействии в системах 1-го порядка с учетом эффектов квантования при использовании целочисленной арифметики с фиксированной запятой. Свободные колебания в цифровой рекурсивной системе 1-го порядка, использующей целочисленную арифметику с прямым кодом и округлением результатов сложения, с учетом эффектов квантования. Колебания при постоянном входном воздействии в цифровой рекурсивной системе 1-го порядка, использующей целочисленную арифметику с прямым кодом и округлением результатов сложения, с учетом эффектов квантования.

Тема 5. Вынужденных колебаний в нелинейных системах 1-го и 2-го порядков

Метод расчета и анализа вынужденных колебаний в нелинейных системах 1-го и 2-го порядков при гармоническом воздействии с учетом эффектов квантования. Спектральные характеристики реакции. Нелинейные искажения гармонического сигнала. Избирательные свойства нелинейной системы. Вынужденные колебания в нелинейной системе 1-го порядка при гармоническом воздействии с учетом эффектов квантования: метод расчета, спектральные характеристики реакции, нелинейные искажения гармонического сигнала, избирательные свойства нелинейной системы. Вынужденные колебания в нелинейной системе 2-го порядка при гармоническом воздействии с учетом эффектов квантования: метод расчета, спектральные характеристики реакции, нелинейные искажения гармонического сигнала, избирательные свойства нелинейной системы.

Тема 6. Динамический хаос, как носитель при передаче информации

Параметры порядка и возможность конечномерного описания сложных объектов. Потенциальные достоинства динамического хаоса, как носителя при передаче информации. Свойства динамического хаоса, вытекающие из классической теории связи. Производство информации в системах с хаосом. Символьная динамика и информация.

Тема 7. Хаотическая синхронизация. Разделение хаотических сигналов

Хаотическая синхронизация. Хаотическая синхронизация двумерных динамических систем. Информационный подход. Разделение хаотических сигналов.

5. Форма промежуточной аттестации: зачет.

Аннотация дисциплины
«Исследование флуктуационных процессов в сосредоточенных и распределенных стохастических системах»

Научная специальность 1.3.4 «Радиофизика»

1. Дисциплина относится к дисциплинам по выбору.
2. *Целями освоения дисциплины являются:* овладение методиками исследования флуктуационных процессов на выходе радиотехнических систем, описываемых стохастическими дифференциальными уравнениями; изучение статистических характеристик устройств и систем в условиях случайных воздействий.
3. Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетные единицы, 108 часов.
4. **Содержание дисциплины:**

Тема 1. Уравнение Фоккера-Планка-Колмогорова. Связь с дифференциальным уравнением случайного процесса.

Введение в дисциплину. Общие положения и определения стохастических систем. Задачи анализа и синтеза в теории и практике стохастических систем. Математическое описание цепей и систем при воздействии случайных процессов. Дифференциальные стохастические уравнения. Разностные стохастические уравнения. Уравнение Колмогорова для непрерывных марковских процессов. Коэффициент сноса и коэффициент диффузии. Уравнение Фоккера-Планка-Колмогорова. Связь с дифференциальным уравнением случайного процесса. Задача о плотности вероятности перехода. Модели случайных воздействий. Белый шум, винеровский процесс.

Тема 2. Задача о достижении границ. Процессы с поглощающей и отражающей границей.

Задача о достижении границ. Процессы с поглощающей границей. Процессы с отражающей границей. Задача о достижении фиксированной границы. Задача о достижении подвижной границы. Среднее время достижения границы. Вероятность достижения границы за фиксированное время.

Тема 3. Флуктуационные процессы на выходе линейных цепей 1-го и 2-го порядка при воздействии БГШ.

Флуктуационные процессы на выходе линейных цепей 1-го и 2-го порядка при воздействии БГШ. Воздействие шума на RC цепь. Воздействие шума на параллельный колебательный контур. Зависимость математического ожидания от времени. Зависимость дисперсии от времени. Уравнение Ланжевена.

Тема 4. Флуктуации амплитуды и фазы колебаний сигнала на выходе генератора Ван-дер-Поля.

Флуктуации амплитуды и фазы колебаний сигнала на выходе генератора Ван-дер-Поля. Мягкий и жесткий режимы возбуждения. Укороченные уравнения генератора Ван-дер-Поля. Переходный режим. Установившийся режим. Плотность распределения амплитуды выходного сигнала. Плотность распределения фазы.

Тема 5. Синхронизация генератора Ван-дер-Поля при наличии шумов.

Синхронизация генератора Ван-дер-Поля при наличии шумов. Стохастическое уравнение синхронизации. Переход к уравнению Фоккера-Планка-Колмогорова. Плотность распределения ошибки синхронизации. Среднее время до срыва синхронизации. Вероятность срыва синхронизации за фиксированное время

Тема 6. Фазовая автоподстройка частоты под воздействием шумов.

Фазовая автоподстройка частоты под воздействием шумов. Система ФАПЧ бесфильтровая. Система ФАПЧ с пропорционально-интегрирующим фильтром. Система ФАПЧ с изодромным звеном. Символическое стохастическое уравнение. Переход к уравнению

Фоккера-Планка-Колмогорова. Плотность распределения фазовой ошибки. Среднее время до срыва слежения. Вероятность срыва за фиксированное время

Тема 7. Срыв слежения в следящих системах при воздействии БГШ.

Срыв слежения в следящих системах при воздействии БГШ. Квазинепрерывная стохастическая модель системы слежения с астатизмом 1-го порядка. Квазинепрерывная стохастическая модель системы слежения с астатизмом 2-го порядка. Переход к уравнению Фоккера-Планка-Колмогорова. Плотность распределения ошибки слежения. Среднее время до срыва слежения. Вероятность срыва за фиксированное время. Система слежения по дальности. Система слежения по скорости. Система слежения по угловым координатам.

5. Форма промежуточной аттестации: зачет.

Аннотация дисциплины
«Статистические модели многолучевых беспроводных каналов»

Научная специальность 1.3.4 «Радиофизика»

1. Дисциплина является дисциплиной по выбору.
2. *Целью освоения дисциплины является* овладение современными методами описания многолучевых беспроводных каналов, в первую очередь – статистическими моделями. Содержание дисциплины направлено на усвоение аспирантами совокупности основных физических принципов, закономерностей и методов исследования, составляющих фундамент современной радиофизики.
3. Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетных единицы, 108 часов.
4. **Содержание дисциплины:**

Тема 1. Основные понятия

Сигнально-кодовые конструкции. Модуляции, используемые в системах мобильной связи. Оптимальный прием сигналов с различными модуляциями на фоне гауссова шума. Вероятность битовой и символьной ошибки в гауссовом шумовом канале для сигналов с различными модуляциями. Канальное (помехоустойчивое) кодирование и декодирование. Спектральная эффективность гауссова шумового канала. Классификация моделей многолучевых беспроводных каналов связи.

Тема 2. Передача и прием дискретных сообщений в многолучевом канале с замираниями сигнала

Беспроводная передача сигналов. Влияние земной поверхности. Крупномасштабные замирания сигналов. Мелкомасштабные замирания сигналов. Импульсная характеристика и передаточная функция. Временная дисперсия в канале. Спектральные и корреляционные свойства сигнала. Угловая дисперсия в канале. Пространственная корреляция. Модель Рэлея. Вероятность битовой ошибки в рэлеевском канале. Модель Райса. Вероятность битовой ошибки в райсовском канале. Спектральная эффективность рэлеевского канала. Передача и прием сигналов в OFDM-системе связи. Формирование OFDM-сигнала. Прием OFDM-сигнала. Пропускная способность OFDM-системы. Кодовое разделение пользователей в CDMA-системах связи. Расширение спектра методом прямой последовательности. Разделение пользователей в CDMA-системе. Влияние многолучевости на эффективность CDMA-системы. Спектральная эффективность систем с адаптивной модуляцией или адаптивным управлением мощностью.

Тема 3. Основные характеристики систем с разнесенным приемом

Методы объединения приемных антенн. Когерентный прием сигналов. Прием сигналов с отбором «лучшей» антенны. Вероятность битовой ошибки в рэлеевском канале. Некоррелированные замирания сигналов одинаковой мощности. Некоррелированные замирания сигналов разной мощности. Коррелированные замирания сигналов. Прием сигналов на «лучшую» антенну. Вероятность битовой ошибки в райсовском канале. Некоррелированный райсовский канал. Коррелированные райсовские замирания. Вероятность битовой ошибки при поляризационном разнесении. Спектральная эффективность системы с когерентным приемом сигналов в рэлеевском некоррелированном канале.

Методы неадаптивной разнесенной передачи. Фазовая передача. Ортогональная передача. Ортогональная пространственно-временная передача. Адаптивная передача. Сравнительная эффективность методов разнесенной передачи.

Матрица коэффициентов передачи. Спектральная эффективность MIMO-системы без обратной связи. Спектральная эффективность MIMO-системы с обратной связью. Сравнение спектральной эффективности при известном или неизвестном канале на передающей стороне

линии связи. Спектральная эффективность при различных корреляционных свойствах замираний сигналов.

Тема 4. Передача и прием сигналов в MIMO-системах

Общая схема пространственно-временного кодирования MIMO-системы без обратной связи. МП-приемник. ZF-приемник. МСКО-приемник. MIMO-системы с обратной связью. Формирование независимых собственных подканалов. совместной оптимизации скорости передачи. Ортогональное пространственно-временное блочное кодирование. Коды при произвольном числе передающих и приемных антенн. Вероятность битовой ошибки и спектральная эффективность. Пространственно-временные решетчатые коды.

Оценка импульсной характеристики при заданной длине. Оценка длины импульсной характеристики. Оценка многоканальной импульсной характеристики в системах связи с разнесенным приемом. Оценка передаточной функции канала в OFDM-системе.

Модель Кларка. Спектр Джейкса. Усеченный спектр Джейкса

Тема 5. Современные статистические модели многолучевых беспроводных каналов

Модели с распределениями Накагами- m , Гаусса, альфа-мю, каппа-мю, гамма, логнормальным, хи-квадрат Пирсона и другие. Их особенности и возможности применения, учёт физических аспектов распространения сигнала в каналах.

5. Форма промежуточной аттестации: зачет.

Аннотация дисциплины
«Компьютерное моделирование радиофизических процессов»

Научная специальность 1.3.4 «Радиофизика»

1. Дисциплина относится к курсам по выбору.
2. *Целью освоения дисциплины является углубление знаний в области прикладной статистической радиофизики.*
3. Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетные единицы, 108 часов.
4. **Содержание дисциплины:**

Тема 1. Планирование эксперимента

Пассивный эксперимент. Критерии оптимальности плана эксперимента. Планы экспериментов. Планы первого порядка. Планы второго порядка. Планы третьего порядка. Комбинированные планы.

Тема 2. Оптимизация моделей процессов

О подобию статистических моделей. Однопараметрические задачи. Метод крутого восхождения. Метод симплексов. Многопараметрические задачи. Математическое программирование. Обобщенные параметры оптимизации. Методы теории игр.

Тема 3. Факторный анализ

Факторные модели. Факторная модель с ортогональными простыми факторами. Решение уравнений. Число простых факторов. Факторная модель с коррелированными простыми факторами. Центроидный метод. Оценка индивидуальных значений простых факторов

Тема 4. Современные численные методы оптимизации

Генетические алгоритмы. Эволюционные алгоритмы. Алгоритмы численной оптимизации нелинейных объектов. Применение методов к задачам радиофизики.

5. **Форма промежуточной аттестации:** зачет.

Аннотация дисциплины «Педагогика и психология высшей школы»

Научная специальность 1.3.4 «Радиофизика»

1. Дисциплина относится к факультативным дисциплинам.

2. *Целью освоения дисциплины является* подготовка к преподавательской деятельности, в том числе: формирование представлений об особенностях педагогической деятельности в высшей школе; приобретение знаний по педагогике и психологии высшей школы: формирование мотивации учения, управление познавательной деятельностью обучающихся; изучение общих принципов организации учебного процесса в высшей школе.

3. Общая трудоемкость дисциплины составляет 2 зачетных единицы, 72 часа.

4. Содержание дисциплины:

Тема 1. Цели и задачи высшей школы на современном этапе.

Тенденции развития современного высшего образования в России.

Подходы к определению целей образования: обучение как формирование опыта; обучение как формирование личности профессионала.

Модель личности профессионала: профессиональная направленность, профессиональный опыт, профессионально-важные качества, индивидуальный стиль деятельности. Этапы формирования профессионала, цели и задачи работы на каждом этапе. Классификация методов обучения и воспитания в вузе.

Нормативное обеспечение образовательного процесса в высшей школе. Федеральный государственный образовательный стандарт: его структура и содержание.

Тема 2. Технология знаково-контекстного подхода А.А. Вербицкого.

Учебная деятельность. Противоречия учебной и профессиональной деятельности. Контекстное обучение. Информация и знание. Основные принципы контекстного обучения. Модель динамического движения деятельности в контекстном обучении. Два этапа и три вида учебной деятельности: учебная деятельность академического типа, квазипрофессиональная деятельность, учебно-профессиональная деятельность. Педагогические технологии контекстного обучения. Активные методы обучения: обмен вопросами в малых группах, анализ ситуаций профессиональной деятельности, кейс-метод, деловые игры, разработка проектов и мини-проектов, взаимодействие подгрупп с ранней ролевой определенностью, дискуссии, демонстрации с привлечением студентов, социально-психологический тренинг.

Тема 3. Мотивы учения.

Структура учебной деятельности. Концепции мотивации учебной деятельности. Виды мотивов учения: познавательные и социальные мотивы. Формирование мотивов учения. Мотивация на изучение предмета, мотивация на выполнение отдельных заданий. Методические приемы: связь с практикой, ориентация на успех, принцип выбора заданий, связь с другими областями знаний, разъяснение учебных целей, личностная и профессиональная значимость целей, использование активных методов обучения, методическое разнообразие.

Тема 4. Психолого-педагогические аспекты организации учебной деятельности студентов.

Лекция как форма учебной деятельности в высшей школе. Виды лекций. Лекторское мастерство. Условия превращения лекции в интерактивную. Имидж преподавателя. Практические занятия. Формы проведения семинаров. Психолого-педагогические цели семинарских занятий. Семинар рефератов. Семинар по типу круглого стола. Психологические контакты с аудиторией: личностный, эмоциональный, познавательный контакт. Психологические барьеры, условия преодоления барьеров. Учет познавательных возможностей слушателей. Управление вниманием аудитории. Восприятие и понимание учебного материала.

Организация запоминания. Развитие мышления студентов. Организация самостоятельной работы студентов: формы и методы. Формы контроля. Понятие фонда оценочных средств и его разработка. Виды оценочных средств. Проведение зачетов и экзаменов.

Тема 5. Воспитательная работа

Роль воспитательной работы со студентами. Психологическая характеристика студенчества как социальной группы: ценностные ориентации, интересы, профессиональные планы. Возрастно-психологические особенности студентов. Психологические характеристики студенческой группы.

Тема 6. Учебно-методическая работа в ВУЗе

Методическое обеспечение учебного процесса в ВУЗе. Основная образовательная программа и ее структура. Учебный план. Рабочая программа дисциплины и ее содержание. Проектирование и разработка рабочих программ дисциплин. Технологии анализа учебного занятия. Методика разработки учебных занятий.

5. Форма промежуточной аттестации: зачет.

Аннотация дисциплины
«Волновые процессы в сплошных средах»

Научная специальность 1.3.4 «Радиофизика»

1. Дисциплина относится к факультативным дисциплинам.
2. *Целью освоения дисциплины является формирование способности к овладению базовыми знаниями в области механики сплошных сред, гидродинамики и распространения волн в сплошных средах. В процессе ознакомления с предметом студенты изучат аналитические асимптотические методы анализа уравнений движения в механике сплошных сред. Задачи курса – способствовать формированию у студентов навыка работы аналитическими асимптотическими методами и навыка обработки экспериментальных измерений.*
3. Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетных единицы, 108 часов.

4. Содержание дисциплины:

Тема 1. Волны и уравнения первого порядка

Непрерывные решения. Кинематические волны. Ударные волны. Структура ударной волны. Слабые ударные волны. Условие опрокидывания. Одиночный горб. Периодическая волна. Задача с краевым условием, распространение сигнала. Более общие квазилинейные уравнения. Затухающие волны. Волны от движущегося источника. Нелинейные уравнения первого порядка.

Тема 2. Волновое уравнение

Плоские волны. Сферические волны. Цилиндрические волны. Задача Коши в двух и трёх измерениях. Геометрическая оптика. Неоднородная среда. Анизотропные волны.

Тема 3. Иерархия волн

Точные решения линеаризованной задачи. Упрощённый подход. Системы высокого порядка, нелинейные эффекты и ударные волны.

Тема 4. Линейные диспергирующие волны

Дисперсионные соотношения. Соответствие между уравнением и дисперсионным соотношением. Определение диспергирующих волн. Общее решение в виде интеграла Фурье. Асимптотическое поведение решения. Групповая скорость, распространение возмущений волнового числа и амплитуды. Распространение энергии. Вариационный подход. Неоднородная среда. Нелинейные волновые пакеты. Непосредственное использование асимптотических разложений.

Тема 5. Картины волн

Дисперсионное соотношение для волн на воде. Гравитационные волны. Капиллярные волны. Комбинированные эффекты гравитации и поверхностного натяжения. Дисперсия от мгновенного точечного источника. Волны на поверхности стационарного потока. Корабельные волны. Капиллярные волны на тонком слое воды. Волны во вращающейся жидкости. Волны в стратифицированной жидкости.

Тема 6. Волны на воде

Уравнения для волн на воде. Вариационная формулировка. Линеаризованная формулировка. Линейные волны на воде постоянной глубины. Задача Коши. Поведение решения вблизи фронта волнового пакета. Волны на поверхности раздела между двумя жидкостями. Поверхностное натяжение. Волны на поверхности стационарного потока. Теория мелкой воды, длинные волны. Уравнения Кортевега-де Фриза и Буссиеска. Уединённые и кноидальные волны. Волны Стокса. Опрокидывание и заострение волн.

Тема 7. Нелинейная дисперсия и вариационные методы

Нелинейное уравнение Клейна-Гордона. Вариационный подход к теории модуляции. Преобразование Гамильтона. Теория возмущений. Обобщения на большее число переменных. Многофазовые волновые пакеты. Эффекты диссипации.

Тема 8. Групповые скорости, неустойчивость и уточнение эффектов дисперсии

Почти линейный случай. Характеристическая форма уравнений. Случай нескольких зависимых переменных. Тип уравнений и устойчивость. Нелинейная групповая скорость, групповое расщепление, ударные волны. Дисперсионные эффекты в приближении более высокого порядка. Анализ Фурье и нелинейные взаимодействия.

Тема 9. Приложения нелинейной теории

Волны на воде: усреднённый вариационный принцип для волн Стокса, уравнения модуляций, уравнения сохранения, индуцированное среднее течение, глубокая вода, устойчивость волн Стокса, волны Стокса на отмели, на поверхности потока. Уравнение Кортевега-де Фриза: вариационная формулировка, характеристические уравнения, случай малой амплитуды, последовательность уединённых волн.

Тема 10. Точные решения. Взаимодействующие уединённые волны

Канонические уравнения. Уравнение Кортевега-де Фриза: взаимодействующие уединённые волны, обратная задача рассеяния, частный случай чисто дискретного спектра, уединённые волны, образованные начальным распределением произвольного вида, преобразование Миуры и уравнения сохранения. Кубическое уравнение Шрёдингера и его приложения: однородные волновые пакеты и уединённые волны, обратная задача рассеяния. Уравнение Син-Гордона: периодические волновые пакеты и уединённые волны, взаимодействие уединённых волн, преобразования Беклунда, обратная задача рассеяния для уравнения Син-Гордона. Решение Тоды для экспоненциальной цепочки. Уравнение Борна-Инфельда: взаимодействующие волны.

5. Форма промежуточной аттестации: зачет.

**Аннотация дисциплины
«Электродинамика метаматериалов»**

Научная специальность 1.3.4 «Радиофизика»

1. Дисциплина относится к дисциплинам по выбору.
2. *Целью освоения дисциплины является освоение физических основ построения и использования мета-материалов в задачах радиофизики, радиотехники и связи.*
3. Общая трудоемкость дисциплины составляет 2 зачетных единицы, 72 часа.

4. Содержание дисциплины:

Тема 1. Метаматериалы, их электродинамика

Понятие и классификация метаматериалов. Деление по областям с различными знаками диэлектрической и магнитной проницаемостей. Уравнения для векторов поля. Хиральные материалы. Нелинейные метаматериалы. Эквивалентная схема элемента метаматериала, модель отрезка линии. Методы моделирования двумерных и трёхмерных метаматериалов.

Тема 2. Свойства метаматериалов и влияние на них различных факторов

Резонансный отклик составляющих метаматериалов. Эквивалентные диэлектрическая и магнитная проницаемости метаматериалов. Модели частотных свойств метаматериалов. Микроволновые метаматериалы. Токопроводящие элементы для них: отрезки проволоки, спирали, резонаторы на разрезных кольцах, другие структуры. Вектор Пойтинга волны в метаматериале. Преломление электромагнитных волн в левостороннем материале. Особенности черенковского излучения в метаматериалах. Свойства фазовой скорости в левостороннем метаматериале. Перестраиваемые метаматериалы. Компенсация потерь в метаматериалах.

Тема 3. Применение метаматериалов.

Обеспечение радиопрозрачности и радиопоглощающих средств метаматериалов. Уменьшение размеров антенн за счёт метаматериалов. Уменьшение взаимного влияния антенных элементов в антенных решётках. Укрывающие оболочки на метаматериалах. Уменьшение радиозаметности. Суперлинза Веселаго. Применение метаматериалов для обеспечения лучшей разрешающей способности.

Тема 4. Магнитные и оптические метаматериалы

Фотонные метаматериалы, фотонные кристаллы и частотно-селективные поверхности. Их частотные свойства и области применения. Плазмонные метаматериалы. Высокоимпедансные поверхности.

5. Форма промежуточной аттестации: зачет.

Аннотация дисциплины «Педагогическая практика»

Научная специальность 1.3.4 «Радиофизика»

1. Вид практики: педагогическая практика.

Педагогическая практика проводится в целях получения аспирантами профессиональных умений и опыта профессиональной деятельности.

2. Способ проведения практики: стационарный.

Педагогическая практика проводится в ЯрГУ на кафедре, ответственной за реализацию данной программы аспирантуры.

3. Форма проведения практики: дискретно по периодам проведения.

Практика проводится путем чередования в календарном учебном графике периодов учебного времени для проведения практики с периодами учебного времени для проведения теоретического обучения и (или) научных исследований.

Период проведения педагогической практики определяется календарным учебным графиком программы аспирантуры.

4. Цели и задачи практики

Целью педагогической практики является приобретение аспирантами умений и навыков в планировании и организации профессиональной педагогической деятельности.

Основными задачами практики являются:

- практическая подготовка аспирантов к педагогической деятельности в образовательных организациях высшего образования;
- получение аспирантами умений и навыков практической преподавательской деятельности.

5. Место практики в структуре программы аспирантуры

Педагогическая практика является обязательной. Практика проводится на втором курсе.

Педагогическая практика представляет собой вид практической деятельности аспирантов, направленный на формирование общепрофессиональных и профессиональных компетенций педагогической направленности. Умения и навыки, полученные при прохождении педагогической практики, необходимы для успешной реализации профессиональной педагогической деятельности.

6. Объем практики

Объем практики составляет 9 зачетных единиц (324 академических часа), продолжительность практики 6 недель.

7. Содержание практики

	Разделы (этапы) практики их содержание	Примерная продолжительность (в неделях)
1	Ознакомительный этап	1 неделя
2	Методический этап	1 неделя
3	Активный этап	3 недели
4	Заключительный этап	1 неделя

8. Форма промежуточной аттестации: зачет с оценкой.