



УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной работе

И.А. Кузнецова

23 июня 2020 г

Прием 2019 года

## Аннотация дисциплины «История и философия науки»

Направление 03.06.01 Физика и астрономия

Направленность (профиль) «Теоретическая физика»

1. Дисциплина «История и философия науки» относится к базовой части блока Б1.
2. Целью освоения данной 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

#### 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.

#### 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).

#### 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.

#### **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. Развита 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.

#### **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.

#### **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. Внутридисципли-

нарные 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.

## **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 идеологизированной 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.

## **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***

#### **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.

## **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.

## **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.

## **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 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 дополнительности 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.

## **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.

## **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).

## **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.

“Козэволюция” 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**

#### **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.

## **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. Брадвардина (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.

## **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 центробежной 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. Герики, 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 ньютонической 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).

## 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.

## **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 дополнительности (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. Дираковская 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.

## **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  $\lambda$ -членом в уравнениях Эйнштейна и космический вакуум.

### 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»

**Направление** 03.06.01 Физика и астрономия

**Направленность (профиль)** «Теоретическая физика»

1. Дисциплина «Иностранный язык» относится к базовой части блока Б1.
2. Целью освоения дисциплины «Иностранный язык» 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 зачетных единиц, 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 послелогоми, 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 «Педагогика и психология высшей школы»

**Направление** 03.06.01 Физика и астрономия

**Направленность (профиль)** «Теоретическая физика»

1. Дисциплина «Педагогика и психология высшей школы» относится к обязательным дисциплинам вариативной части блока Б1.
2. Основной целью освоения дисциплины «Педагогика и психология высшей школы» 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 3 зачетных единиц, 108 часов.
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. Практи-

ческие 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.

*Тема 7:* На итоговой консультации разбираются выполненные аспирантами задания для самостоятельной работы по темам дисциплины (в том числе и тест для самопроверки по дисциплине), преподаватель отвечает на вопросы аспирантов.

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

**Аннотация дисциплины**  
**«Электронное обучение и дистанционные образовательные технологии»**

**Направление** 03.06.01 Физика и астрономия

**Направленность (профиль)** «Теоретическая физика»

1. Дисциплина «Электронное обучение и дистанционные образовательные технологии» относится к обязательным дисциплинам вариативной части блока Б1.

**2. Цели освоения дисциплины**

Ознакомление с компьютерными методами формирования информационно-образовательной среды и применением электронного обучения и дистанционных технологий

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

**4. Содержание дисциплины:**

**1. Информационно-образовательная среда учебного процесса.** Формирование понятия электронной информационно-образовательной среды. Применяемые модели. Информационно-образовательное пространство, построенное с помощью интеграции информации на традиционных и электронных носителях, компьютерно-телекоммуникационных технологиях взаимодействия, включающее в себя виртуальные библиотеки, распределенные базы данных, учебно-методические комплексы и расширенный аппарат дидактических подходов

**2. Компьютерные технологии в образовательном процессе.** Применения компьютерных технологий в образовательном процессе. Компьютерное тестирование. Информационное обеспечение и иллюстративная поддержка образовательного процесса. Электронные обучающие системы. Виртуальный практикум

**3. Электронный учебный контент: жанры.** Курсы для ВУЗовского образования. Корпоративные курсы. Курсы для поддержки очных и заочных тренингов. Курсы широкого профиля для коммерческой продажи. Курсы от вендоров («Основы фотошопа») и др.

**4. Структура электронной обучающей системы.** Структура электронной обучающей системы. Современное состояние электронных обучающих комплексов. Параметры, определяющие качество системы. Примеры реализации.

**5. Виртуальный практикум.** Виртуальный практикум. Компьютерные симуляторы. Примеры реализации.

**6. Структура применения современной электронной обучающей системы.** Структура применения современной электронной обучающей системы. Обучающая траектория. Методическое сопровождение.

**7. Разработка электронного ресурса.** Разработка электронного ресурса. Подходы и среды. Состав команды. Оформление. Создание и применение отдельных компонентов. Создание гипертекстовых документов. Специализированные среды.

**8. Специализированные среды. Moodle. WebTutor.** Moodle – модулярная объектно-ориентированная динамическая обучающая среда. Участники образовательного процесса. Порог доступности для различных групп. Виды ресурсов теоретической части курса. Виды ресурсов практической части. Доступ к системе. Разработка и использование образовательных ресурсов в среде Moodle. WebTutor – возможности применения.

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



**Аннотация дисциплины  
«Теоретическая физика»**

**Направление** 03.06.01 Физика и астрономия

**Направленность (профиль)** «Теоретическая физика»

1. Дисциплина «Теоретическая физика» относится к обязательным дисциплинам вариативной части блока Б1.
2. Целью освоения дисциплины «Теоретическая физика» является изучение основных методов теоретической физики, относящихся к квантовой теории поля, астрофизике, физике твердого тела, гидродинамике и смежным разделам.
3. Общая трудоемкость дисциплины составляет 6 зачетных единиц, 216 часов.
4. Содержание дисциплины:

№ п/п	Раздел дисциплины
1.	Механика
2.	Теория поля
3.	Электродинамика сплошных сред
4.	Механика сплошных сред и физическая кинетика
5.	Квантовая механика
6.	Статистическая физика
7.	<i>Раздел для специалистов</i>
7.1	<i>по теории твердого тела</i>  Теория конденсированного состояния
7.2	<i>по теории элементарных частиц и физике высоких энергий</i>  Квантовая теория полей

5. **Форма промежуточной аттестации:** кандидатский экзамен.

**Аннотация дисциплины**  
**«Квантовые процессы в замагниченной плазме»**

**Направление** 03.06.01 Физика и астрономия

**Направленность (профиль)** «Теоретическая физика»

1. Дисциплина «Квантовые процессы в замагниченной плазме» относится к разделу дисциплины по выбору вариативной части блока Б1.
2. Целью освоения дисциплины «Квантовые процессы в замагниченной плазме» является изучение методов расчета характеристик электрослабых и нестандартных процессов в условиях активной астрофизической среды – в электромагнитном поле и сильно замагниченной плазме.
3. Общая трудоемкость дисциплины составляет 5 зачетных единиц, 180 часов.
4. Содержание дисциплины:

**Тема 1. Процессы рассеяния нейтрино на электронах и позитронах в умеренно сильном магнитном поле и замагниченной плазме.**

Амплитуда процесса рассеяния нейтрино на электронах и позитронах замагниченной плазмы. Кинематический анализ нейтрино-электронных процессов в псевдоевклидовой гиперплоскости  $(0,3)$  импульсного пространства. Случай сверхсильного поля с электронами и позитронами на основном уровне Ландау. Вероятность процесса взаимодействия нейтрино с электронами и позитронами замагниченной плазмы, просуммированная по состояниям начальных фермионов. Случай умеренно сильного поля с электронами и позитронами на произвольных уровнях Ландау.

**Тема 2. Распад гипотетической скалярной (псевдоскалярной) частицы темной материи на электрон-позитронную пару в сильном магнитном поле.**

Эффективный лагранжиан взаимодействия скалярной (псевдоскалярной) частицы темной материи с электрон-позитронным полем. Амплитуда процесса распада гипотетической скалярной (псевдоскалярной) частицы темной материи на электрон-позитронную пару во внешнем магнитном поле. Случай сверхсильного поля с рождением электрона и позитрона на основном уровне Ландау. Вероятность распада гипотетической скалярной (псевдоскалярной) частицы темной материи на электрон-позитронную пару в сверхсильном магнитном поле. Случай умеренно сильного поля с рождением электрона и позитрона на произвольном уровне Ландау. Вероятность распада гипотетической скалярной (псевдоскалярной) частицы темной материи на электрон-позитронную пару в умеренно сильном магнитном поле.

**Тема 3. Поиск решений уравнения Дирака для заряженной частицы в поле интенсивной электромагнитной волны.**

Формулировка и решение квадрированного уравнения для заряженной частицы в поле электромагнитной волны. Решение уравнения Дирака для заряженной частицы в поле монохроматической электромагнитной волны.

**Тема 4. Поиск решений обобщенного уравнения Дирака для нейтральной частицы с аномальным магнитным моментом в поле интенсивной электромагнитной волны.**

Обобщенное уравнение Дирака для нейтральной частицы с аномальным магнитным моментом во внешнем электромагнитном поле. Формулировка и решение квадрированного уравнения для нейтральной частицы с аномальным магнитным моментом в поле электромагнитной волны. Решение уравнения Дирака для нейтральной частицы с аномальным магнитным мо-

ментом в поле монохроматической электромагнитной волны.

**Тема 5. Поиск решений обобщенного уравнения Дирака для нейтральной частицы с электрическим дипольным моментом в поле интенсивной электромагнитной волны.**

Обобщенное уравнение Дирака для нейтральной частицы с электрическим дипольным моментом во внешнем электромагнитном поле. Формулировка и решение квадрированного уравнения для нейтральной частицы с электрическим дипольным моментом в поле электромагнитной волны. Решение уравнения Дирака для нейтральной частицы с электрическим дипольным моментом в поле монохроматической электромагнитной волны.

**Тема 6. Распад нейтрино с аномальным магнитным моментом на более легкое нейтрино и фотон в поле интенсивной электромагнитной волны.**

Лагранжиан взаимодействия нейтрино с фотоном за счет переходного магнитного момента. Амплитуда процесса распада нейтрино на более легкое нейтрино и фотон на основе решений обобщенного уравнения Дирака для нейтральной частицы с электрическим дипольным моментом в поле интенсивной электромагнитной волны. Спектр и угловое распределение фотонов от распада нейтрино в поле интенсивной электромагнитной волны. Полная вероятность процесса распада нейтрино на более легкое нейтрино и фотон в поле интенсивной электромагнитной волны.

**Тема 7. Построение пропагатора нейтральной частицы с аномальным магнитным моментом на основе точных решений обобщенного уравнения Дирака в поле интенсивной электромагнитной волны.**

Формирование матричной структуры пропагатора нейтральной частицы с аномальным магнитным моментом путем перемножения точных решений обобщенного уравнения Дирака в поле интенсивной электромагнитной волны. Замена суммирования по импульсным состояниям на интегрирование по пространству импульсов. Введение дополнительного интегрирования по 0-компоненте и построение Фурье-образа пропагатора нейтральной частицы с аномальным магнитным моментом в поле интенсивной электромагнитной волны. Построение пропагатора нейтральной частицы с аномальным магнитным моментом в поле монохроматической электромагнитной волны.

**Тема 8. Построение пропагатора нейтральной частицы с электрическим дипольным моментом на основе точных решений обобщенного уравнения Дирака в поле интенсивной электромагнитной волны.**

Формирование матричной структуры пропагатора нейтральной частицы с электрическим дипольным моментом путем перемножения точных решений обобщенного уравнения Дирака в поле интенсивной электромагнитной волны. Замена суммирования по импульсным состояниям на интегрирование по пространству импульсов. Введение дополнительного интегрирования по 0-компоненте и построение Фурье-образа пропагатора нейтральной частицы с электрическим дипольным моментом в поле интенсивной электромагнитной волны. Построение пропагатора нейтральной частицы с электрическим дипольным моментом в поле монохроматической электромагнитной волны.

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

**Аннотация дисциплины**  
**«Квантовая хромодинамика и жесткие процессы при высоких энергиях»**

**Направление** 03.06.01 Физика и астрономия

**Направленность (профиль)** «Теоретическая физика»

1. Дисциплина «Квантовая хромодинамика и жесткие процессы при высоких энергиях» относится к разделу дисциплины по выбору вариативной части блока Б1.
2. Целью освоения дисциплины «Квантовая хромодинамика и жесткие процессы при высоких энергиях» является изучение методов расчета сечений процессов в адронных столкновениях с использованием партонных функций распределения кварков и глюонов.
3. Общая трудоемкость дисциплины составляет 5 зачетных единиц, 180 часов.
4. Содержание дисциплины:

**Тема 1. Глубоко неупругое рассеяние лептонов на нуклонах.**

Кинематика глубоко неупругого рассеяния лептонов на нуклонах. Сечение глубоко неупругого рассеяния лептонов на нуклонах и структурные функции.

**Тема 2. Партоны и партонные функции распределения**

Понятие партонов. Рассеяние лептонов на кварках как на партонах. Партонные функции распределения кварков и глюонов в нуклонах. Представление сечения глубоко неупругого рассеяния лептонов на нуклонах через сечение рассеяния на партонах и партонные функции распределения.

**Тема 3. Сечения конкретных процессов в адронных столкновениях**

Рождение  $\mu^+ \mu^-$ -пар в протон-антипротонных столкновениях.

Рождение  $\mu^+ \mu^-$ -пар в протон-протонных столкновениях.

Рождение новых частиц протон-протонных столкновениях.

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

**Аннотация дисциплины  
«Избранные процессы космофизики»**

**Направление** 03.06.01 Физика и астрономия

**Направленность (профиль)** «Теоретическая физика»

1. Дисциплина «Избранные процессы космофизики» относится к разделу дисциплины по выбору вариативной части блока Б1.
2. Целью освоения дисциплины «Избранные процессы космофизики» является изучение процессов нейтринного излучения при взрыве сверхновой с коллапсом центральной части и процессов нейтринного остывания нейтронных звезд.
3. Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетные единицы, 144 часа.
4. Содержание дисциплины:

**Тема 1. Структура нейтронных звезд**

Основные сведения о строении нейтронных звезд.

Плотности, температуры и химические потенциалы частиц во внутренней коре, внешнем и внутреннем ядре нейтронных звезд.

Плотность вещества и химический потенциал электронного газа, как функция глубины коры нейтронной звезды.

Сверхплотное вещество внутреннего ядра нейтронных звезд. Модель Валечки.

Механизмы генерации сильных магнитных полей в нейтронных звездах.

**Тема 2. Взрыв сверхновой с коллапсом центральной части**

Основные сведения о взрыве сверхновой с коллапсом центральной части.

Основные стадии взрыва сверхновой с коллапсом центральной части.

Роль нейтринных процессов для каждой из стадий взрыва.

Основные характеристики нейтринного излучения при взрыве.

Механизмы генерации сильных магнитных полей на стадиях взрыва сверхновой.

**Тема 3. Прямые URCA-процессы излучения нейтрино в нейтронных звездах и внутренней оболочке сверхновой**

Прямые URCA-процессы на нуклонах в условиях внутреннего ядра нейтронной звезды.

Бета-равновесие, неравенство треугольника.

Вычисление нейтронной светимости в прямых URCA-процессах на нуклонах.

Вычисление нейтринной светимости в прямых URCA-процессах на кварках в условиях сверхплотного ядра нейтронной звезды.

Вычисление нейтринных светимостей в URCA-процессах на нуклонах в условиях внутренней оболочки сверхновой.

**Тема 4. Процессы излучения нейтрино в сильном магнитном поле**

Матрица плотности заряженного фермиона в постоянном однородном магнитном поле.

Вычисление квадратов S-матричных элементов процессов нейтринного излучения в технике матрицы плотности.

Светимость в процессе нейтринного синхротрона в сильном магнитном поле.

Нейтронная светимость в прямых URCA-процессах на кварках в сильном магнитном поле.

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

**Аннотация дисциплины**  
**«Эффекты новой физики на адронных коллайдерах»**

**Направление** 03.06.01 Физика и астрономия

**Направленность (профиль)** «Теоретическая физика»

1. Дисциплина «Эффекты новой физики на адронных коллайдерах» относится к разделу дисциплины по выбору вариативной части блока Б1.
2. Целью освоения дисциплины «Эффекты новой физики на адронных коллайдерах» является знакомство с возможными расширениями Стандартной Модели (СМ) электро-слабого и сильного взаимодействий и изучение возможных проявлений новой физики в настоящих и будущих экспериментах на адронных коллайдерах.
3. Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетные единицы, 144 часа.
4. Содержание дисциплины:

**Тема 1. Обзор основных расширений Стандартной Модели электрослабого и сильного взаимодействий**

Основные черты Стандартной Модели электрослабого и сильного взаимодействий. Лево-право-симметричное расширение СМ электрослабого взаимодействия и его основные предсказания. Суперсимметричное расширение СМ и его характерные предсказания. Другие возможные расширения СМ.

**Тема 2. Четырехцветовая симметрия кварков и лептонов**

Четырехцветовая симметрия кварков и лептонов как основа одного из возможных расширений СМ. Минимальная модель с четырехцветовой симметрией кварков и лептонов, фермионный и калибровочный секторы модели. Скалярный сектор модели, стандартный хиггсовский дублет, новые скалярные дублеты в минимальной модели с четырехцветовой симметрией и их характерные свойства.

**Тема 3. Возможные экспериментальные проявления четырехцветовой симметрии кварков и лептонов**

Вклады лептокварков в лептонные распады псевдоскалярных мезонов и текущие ограничения на массы векторных лептокварков.

Вклады скалярных дублетов в S-, T-, U- параметры радиационных поправок и соответствующие ограничения на массы скалярных дублетов.

Сечения рождения дублетов скалярных лептокварков и скалярных глюонов в протон-протонных столкновениях на Большом Адронном Коллайдере.

Вклад октета скалярных глюонов в сечение парного рождения t-анти t-кварков в протон-протонных столкновениях на Большом Адронном Коллайдере и текущие ограничения на массы скалярных глюонов.

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

**Аннотация дисциплины  
«Физическая кинетика полупроводников»**

**Направление** 03.06.01 Физика и астрономия

**Направленность (профиль)** «Теоретическая физика»

1. Дисциплина «Физическая кинетика полупроводников» относится к разделу дисциплины по выбору вариативной части блока Б1.
2. Целями освоения дисциплины (модуля) Физическая кинетика полупроводников являются: формирование у аспирантов способности к применению математического аппарата физической кинетики для теоретического описания электрических, оптических и гальваномагнитных свойств металлических и полупроводниковых наноматериалов.
3. Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетные единицы, 144 часа.
4. Содержание дисциплины:

**1. Статистика носителей заряда в полупроводниках и металлах.**

- 1.1. Статистика носителей заряда в полупроводниках и металлах. Функция распределения Ферми-Дирака.
- 1.2. Сильно вырожденный электронный газ.
- 1.3. Невырожденный электронный газ.

**2. Кинетическое уравнение Больцмана для невырожденного электронного газа.**

- 2.1. Уравнение Больцмана в приближении времени релаксации.
- 2.2. Время релаксации при рассеянии носителей тока на ионах примеси.

**3. Кинетическое уравнение Больцмана для электронов в кристалле.**

- 3.1. Кинетическое уравнение Больцмана для электронов в кристалле.
- 3.2. Условия применимости кинетического уравнения.

**4. Неравновесная функция распределения.**

- 4.1. Определение неравновесной функции распределения для электронов проводимости в случае сферически-симметричной энергетической зоны.
- 4.2. Определение неравновесной функции распределения для дырок в случае сферически-симметричной энергетической зоны.

**5. Кинетические процессы (явления переноса) в полупроводниках. Электрический ток. Электропроводность.**

- 5.1. Электрический ток в невырожденных полупроводниках с простой зонной структурой
- 5.2. Электропроводность невырожденных полупроводников с простой зонной структурой.

**6. Гальваномагнитные явления. Эффект Холла.**

- 6.1. Гальваномагнитные явления в невырожденных полупроводниках с простой зонной структурой. Эффект Холла в полупроводниках n-типа проводимости.
- 6.2. Эффект Холла в полупроводниках со смешанным типом проводимости.

**7. Гальваномагнитные явления. Магнетосопротивление**

- 7.1. Гальваномагнитные явления в невырожденных полупроводниках с простой зонной структурой. Магнетосопротивление в полупроводниках n-типа проводимости.
- 7.2. Магнетосопротивление в полупроводниках со смешанным типом проводимости.

**8. Термоэлектрические явления.**

- 8.1. Термомагнитные явления в невырожденных полупроводниках с простой зонной структурой.
- 8.2. Термоэлектродвижущая сила.
- 8.3. Эффект Томсона и эффект Пельтье.

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



**Аннотация дисциплины  
«Явления переноса в материалах нанoeлектроники»**

**Направление** 03.06.01 Физика и астрономия

**Направленность (профиль)** «Теоретическая физика»

1. Дисциплина «Явления переноса в материалах нанoeлектроники» относится к разделу дисциплины по выбору вариативной части блока Б1.
2. Целью освоения дисциплины «Явления переноса в материалах нанoeлектроники» является изучение кинетических процессов переноса в твердых телах, в том числе в образцах, линейный размер которых сравним или меньше длины свободного пробега носителей заряда в макроскопическом образце.
3. Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетные единицы, 144 часа.
4. Содержание дисциплины:

**Тема 1. Высокочастотная электропроводность тонкой проволоки**

- 1.1. Влияние характера поверхностного рассеяния носителей заряда на кинетические процессы. Модель кинетических граничных условий Фукса и Соффера.
- 1.2. Высокочастотная электропроводность тонкой цилиндрической проволоки из металла при произвольном соотношении между длиной свободного пробега носителей заряда и радиусом поперечного сечения проволоки (решение кинетической задачи).
- 1.3. Высокочастотная электропроводность тонкой цилиндрической полупроводниковой проволоки из металла при произвольном соотношении между длиной свободного пробега носителей заряда и радиусом поперечного сечения проволоки (решение кинетической задачи).

**Тема 2. Магнетосопротивление тонкой проволоки**

- 1.1. Нахождение неравновесной функции распределения носителей заряда путем решения кинетического уравнения с учетом диффузно-зеркальных граничных условий Фукса.
- 1.2. Высокочастотное магнетосопротивление тонкой цилиндрической проволоки из металла в продольном магнитном поле (решение кинетической задачи).
- 1.3. Высокочастотное магнетосопротивление тонкой цилиндрической полупроводниковой проволоки в продольном магнитном поле.

**Тема 3. Высокочастотная электропроводность тонкого слоя**

- 1.1. Нахождение неравновесной функции распределения носителей заряда путем решения кинетического уравнения с учетом диффузно-зеркальных граничных условий для случая одинаковых коэффициентов зеркальности поверхностей слоя.
- 1.2. Высокочастотная электропроводность тонкого металлического слоя при произвольном соотношении между длиной свободного пробега носителей заряда и толщиной слоя (решение кинетической задачи).
- 1.3. Высокочастотная электропроводность тонкого полупроводникового слоя при произвольном соотношении между длиной свободного пробега носителей заряда и толщиной слоя (решение кинетической задачи).

**Тема 4. Магнетосопротивление и постоянная Холла тонкого слоя**

- 1.1. Нахождение неравновесной функции распределения носителей заряда путем решения кинетического уравнения с учетом диффузно-зеркальных граничных условий Фукса в случае одинаковых коэффициентов зеркальности поверхностей слоя.
- 1.2. Высокочастотное магнетосопротивление и постоянная Холла тонкого слоя из металла (решение кинетической задачи).
- 1.3. Высокочастотное магнетосопротивление и постоянная Холла тонкого полупроводникового слоя (решение кинетической задачи).

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

**Аннотация дисциплины**  
**«Кинетические уравнения в замагниченной среде»**

**Направление** 03.06.01 Физика и астрономия

**Направленность (профиль)** «Теоретическая физика»

1. Дисциплина «Кинетические уравнения в замагниченной среде» относится к факультативным дисциплинам.
2. Целями освоения дисциплины «Кинетические уравнения в замагниченной среде» являются: изучение методов теоретического описания и исследования кинетического уравнения Больцмана во внешней активной среде в различных приближениях; изучение эффектов, возникающих за счет поправок к уравнению Больцмана в сильном магнитном поле.
3. Общая трудоемкость дисциплины составляет 2 зачетные единицы, 72 часа.
4. Содержание дисциплины:

**Тема 1. Уравнение Больцмана в диффузионном приближении**

Уравнение Фоккера-Планка.

Слабо ионизованный газ в электрическом поле.

Флуктуации в слабо ионизованном неравновесном газе.

Рекомбинация и ионизация.

**Тема 2. Уравнение Компанейца в незамагниченной среде**

Коэффициент поглощения фотона за счет комптоновского рассеяния в нерелятивистском приближении.

Уравнения Компанейца. Время установления теплового равновесия. Учет тормозного излучения. Эффект Сюняева-Зельдовича.

Релятивистские поправки к уравнению Компанейца. Учет малого отклонения от состояния теплового равновесия газа электронов.

**Тема 3. Дисперсионные свойства частиц в сильном магнитном поле**

Поляризационный оператор фотона в сильном магнитном поле и его аналитические свойства.

Собственные значения и собственные векторы поляризационного оператора фотона в сильном магнитном поле. Нормальные моды.

Закон дисперсии фотона в сильном магнитном поле.

**Тема 4. Уравнение Компанейца в сильном магнитном поле**

Коэффициенты поглощения фотонов различных поляризаций за счет комптоновского рассеяния в сильном магнитном поле.

Система уравнений Больцмана в сильно замагниченной плазме в нерелятивистском приближении. Аналог уравнения Компанейца.

Комптонизация в сильном магнитном поле. Приложение к физике магнитаров.

Комптоновское рассеяние в случае резонанса. Поправки к уравнению Компанейца в сильном магнитном поле.

Учет процессов, изменяющих число частиц. Расщепления и слияние фотонов.

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

## Аннотация дисциплины «Амплитуды распределения адронов»

**Направление** 03.06.01 Физика и астрономия

**Направленность (профиль)** «Теоретическая физика»

1. Дисциплина «Амплитуды распределения адронов» относится к факультативным дисциплинам.
2. Целью освоения дисциплины «Амплитуды распределения адронов» является изучение методов расчета матричных элементов процессов распада и рождения адронов высоких энергий, в которых волновая функция адрона, как связанного состояния кварков и глюонов, важна и вполне характеризуется (обобщенными) амплитудами распределения, имеющими в этой кинематике определенные значения квантового числа — твиста.
3. Общая трудоемкость дисциплины составляет 2 зачетные единицы, 72 часа.
4. Содержание дисциплины:

### **Тема 1. Волновые функции адронов**

Классификация адронов по ароматам. Локальные интерполяционные токи.  
Волновые функции адронов как переходные матричные элементы.

### **Тема 2. Кинематика быстрых адронов и конформные свойства их функций**

Группа конформных преобразований в пространстве Минковского.  
Проецирование квантовых полей на световой конус.  
Подгруппа конформных преобразований на световом конусе.  
Конформные спин и твист. Конформное разложение операторов.  
Составные операторы.

### **Тема 3. Амплитуды распределения быстрых адронов**

Нелокальные интерполяционные токи быстрых адронов.  
Интерполяционные токи легких мезонов и барионов.  
Матричный элемент интерполяционного тока определенного конформного спина.  
Понятие амплитуды распределения партонов в адроне.  
Классификация по твистам и конформное разложение амплитуд распределения.  
Асимптотика волновых функций. Учет уравнений движения партонов в адроне.  
Независимые амплитуды распределения и уравнения связи.

### **Тема 4. Эволюция амплитуд распределения**

Уравнения эволюции амплитуд распределения.  
Ядро эволюции Ефремова-Радюшкина-Бродского-Лепажя и его собственные функции.  
Уравнение эволюции с учетом КХД поправок.

### **Тема 5. Амплитуды распределения тяжелых адронов.**

Эффективная теория тяжелых адронов. Тяжелый кварк как статический источник поля.  
Нелокальные интерполяционные токи тяжелых адронов. Амплитуды распределения.  
Ядро эволюции Ланге и Нойберта для системы из легкого и тяжелого кварков.  
Эволюция амплитуд распределения тяжелых мезонов.

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