

Аннотация учебной дисциплины
«Нейтрино-электронные процессы в замагниченной плазме»

Направление подготовки: 011200.68 Физика

Профильная направленность: Теоретическая физика

Форма обучения: очная

Курс: 2

1. Дисциплина «Нейтрино-электронные процессы в замагниченной плазме» является факультативной дисциплиной.

2. Целью освоения дисциплины «Нейтрино-электронные процессы в замагниченной плазме»

является приобретение студентами дополнительных знаний и умений по исследованию процессов с участием элементарных частиц в условиях активной астрофизической среды – в замагниченной плазме.

3. В результате освоения дисциплины обучающийся должен:

Знать:

- условие сильной замагниченности электрон-позитронной плазмы;
- функции распределения электронов и позитронов плазмы, их инвариантный вид;
- собственно-энергетический оператор нейтрино во внешнем магнитном поле;
- поляризационный оператор фотона во внешнем магнитном поле.

Уметь:

- вычислять вероятность процесса нейтринного рождения электрон-позитронной пары;
- вычислять вероятность процесса рассеяния нейтрино на электронах и позитронах;
- вычислять вероятность процесса нейтринного захвата электрон-позитронной пары.

Владеть:

- основами интегрирования по фазовому объему элементарных частиц в замагниченной электрон-позитронной плазме;
- основами вычисления вероятностей процессов на основе мнимых частей соответствующих амплитуд во внешней активной среде.

4. Общая трудоемкость дисциплины составляет 2 зачетные единицы, 72 часов.

5. Содержание дисциплины:

№ п/п	Раздел дисциплины
1	Нейтринное рождение электрон-позитронной пары в сильном магнитном поле Оператор электрон-позитронного поля в пределе сильного магнитного поля (основной уровень Ландау). Биспинорные амплитуды вкладов с положительной и отрицательной энергиями. Амплитуда нейтринного рождения электрон-позитронной пары в сильном магнитном поле. Интегрирование по импульсному пространству электрон-позитронной пары. Определение области импульсов конечного нейтрино. Интегрирование по импульсному пространству конечного нейтрино.
2	Нейтрино-электронные процессы в замагниченной плазме. Условие сильной замагниченности электрон-позитронной плазмы. Кинематический анализ нейтрино-электронных процессов в псевдоевклидовой гиперплоскости (0,3)

	импульсного пространства. Области интегрирования по импульсному пространству конечного нейтрино для различных нейтрино-электронных процессов. Функции распределения электронов и позитронов плазмы, их инвариантный вид. Расчет вероятности процесса нейтринного рождения электрон-позитронной пары. Расчет вероятности процесса рассеяния нейтрино на электронах и позитронах. Расчет вероятности процесса нейтринного захвата электрон-позитронной пары. Полная вероятность взаимодействия нейтрино с замагниченной электрон-позитронной плазмой.
3	Распад нейтрино на электрон и W-бозон в сильном магнитном поле.
	Собственно-энергетический оператор нейтрино во внешнем магнитном поле. Расчет вероятности распада нейтрино на электрон и W-бозон через мнимую часть собственно-энергетического оператора. Расчет энергии обрезания для спектра энергий нейтрино, распространяющихся в сильном магнитном поле.
4	Излучение фотона безмассовым нейтрино в сильном магнитном поле.
	Эффективный лагранжиан нейтрино-фотонного взаимодействия. Поляризационный оператор фотона в сильном магнитном поле. Кинематические области различных нейтрино-фотонных процессов. Расчет вероятности процесса излучения фотона безмассовым нейтрино в сильном магнитном поле.

6. Форма контроля: Зачет.

**Аннотация учебной дисциплины
«Философские вопросы естествознания»**

Направление подготовки: 011200.68 Физика

Профильная направленность: Теоретическая физика

Форма обучения: очная

Курс: 1

1. Дисциплина «Философские вопросы естествознания» является дисциплиной базовой части общенаучного цикла.

2. Целью освоения дисциплины «Философские вопросы естествознания» является приобретение студентами дополнительных знаний и умений по отдельным философским вопросам естествознания, осознание места естественных наук в выработке научного мировоззрения.

3. В результате освоения дисциплины обучающийся должен:

Знать:

-понимать и глубоко осмысливать философские концепции естествознания, место естественных наук в выработке научного мировоззрения.

Уметь:

-приобретать и использовать в практической деятельности новые знания и умения, в том числе в новых областях знаний, непосредственно не связанных со сферой деятельности, расширять и углублять своё научное мировоззрение;

-формировать и аргументированно отстаивать собственную позицию по различным философским проблемам естествознания.

Владеть:

-основами методологии научного познания при изучении различных уровней организации материи, пространства и времени.

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

5. Содержание дисциплины:

№ п/п	Раздел дисциплины
1	Основные понятия современного естествознания. Классификация естественных наук Ш. Глэшоу
2	Современные представления о пространстве, времени и движении
3	Современные представления о строении материи
4	Философские вопросы космологии
5	Эволюция взглядов на взаимоотношение мира и человека в XX-XXI вв. Антропный принцип
6	Прогресс естественных наук и эволюция общественного сознания

6. **Форма контроля:** Экзамен.

**Аннотация учебной дисциплины
«Иностранный язык в сфере профессиональной коммуникации»**

Направление подготовки: 011200.68 Физика

Профильная направленность: Теоретическая физика

Форма обучения: очная

Курс: 1

1. Дисциплина «Иностранный язык в сфере профессиональной коммуникации» является дисциплиной базовой части общенаучного цикла.

2. Целями освоения дисциплины «Иностранный язык в сфере профессиональной коммуникации» являются:

- *практическая*: приобретение студентами коммуникативной компетенции, уровень которой позволяет использовать иностранный язык практически как в профессиональной (производственной и научной) деятельности, так и для целей самообразования;
- *образовательная*: расширение кругозора студентов, повышение уровня их общей культуры и образования, а также культуры мышления, общения и речи;
- *воспитательная*: использование потенциала иностранного языка для развития у студентов готовности содействовать налаживанию межкультурных и научных связей, представлять свою страну на международных конференциях и симпозиумах, относиться с уважением к духовным ценностям других стран и народов.

3. В результате освоения дисциплины обучающийся должен:

Знать:

- грамматику и лексику, историю и культуру страны изучаемого иностранного языка - базовую лексику общего языка, лексику, представляющую нейтральный научный стиль, а также основную терминологию своей широкой и узкой специальности;
- иметь представление о грамматическом строе языка и основных синтаксических конструкциях;
- ознакомиться с основными приемами перевода литературы по специальности.

Уметь:

- использовать знание иностранного языка в профессиональной деятельности, профессиональной коммуникации и межличностном общении;

Владеть:

- основами деловых коммуникаций и речевого этикета изучаемого иностранного языка - владеть основами публичной речи: делать сообщения, доклады (с предварительной подготовкой), участвовать в дискуссиях на профессиональные и общенаучные темы, овладеть навыками письма, необходимыми для подготовки публикаций, тезисов и ведения переписки.

4. Общая трудоемкость дисциплины составляет 5 зачетных единиц, 180 часов.

5. Содержание дисциплины:

№ п/п	Раздел дисциплины
1	Аудирование по узкоспециальным темам (с последующим обсуждением). Наука и общество. Герундиальный оборот. Типы придаточных предложений.
2	Грамматика: глагол и его формы. Понятие о свободных и устойчивых словосочетаниях. Индивидуальное чтение. Выдающиеся исследователи, их вклад в

	науку.
3	Грамматика: предлоги; залог; видовременные формы страдательного залога. Согласование времен. Говорение: диалогическая и монологическая речь с использованием наиболее употребительных и относительно простых средств в коммуникативных ситуациях, связанных со специальностью. Ознакомительное чтение. Деловые поездки или телеконференции.
4	Понятие об общенаучной лексике. Поисковое чтение с целью определения наличия в тексте запрашиваемой информации. Аудирование. Обсуждение докладов магистрантов.
5	Произношение символов и формул. Клише научной речи. Многозначность слов. Говорение: формулировка основной идеи текста, краткий пересказ. Реферирование и аннотирование.
6	Индивидуальное чтение.
7	Доклады магистрантов о результатах и методах проведения исследования. Индивидуальное чтение
8	Грамматика: причастие I и II, причастные обороты. Поисковое чтение. Роль научного руководителя.
9	Грамматика: сослагательное наклонение. Письмо: эссе.
10	Грамматические трудности. Усилительные конструкции. Изучающее чтение. Формулирование основной идеи текста, выводов.
11	Грамматические трудности. Неполные придаточные предложения. Реферирование и аннотирование научных текстов.
12	Учебная научная конференция. Индивидуальное чтение.

6. Форма контроля: Зачет, экзамен.

**Аннотация учебной дисциплины
«Компьютерные технологии в науке и образовании»**

Направление подготовки: 011200.68 Физика

Профильная направленность: Теоретическая физика

Форма обучения: очная

Курс: 1,2

1. Дисциплина «Компьютерные технологии в науке и образовании» является дисциплиной базовой части общенаучного цикла.

2. Целью освоения дисциплины «Компьютерные технологии в науке и образовании» является изучение основ аналитических и численных методов вычислений и их возможных приложений в теоретической физике.

3. В результате освоения дисциплины обучающийся должен:

Знать:

- современные компьютерные технологии, применяемых при сборе, хранении, обработке, анализе и передаче физической информации;
- основные команды системы Mathematica;
- основные команды пакета FeynCalc.;
- основные методы численной интерполяции;
- основные методы численного дифференцирования;
- основные методы численного интегрирования.

Уметь:

- профессионально оформлять и представлять результаты физических исследований;
- проводить аналитическое интегрирование;
- проводить аналитическое упрощение алгебраических выражений;
- применять и комбинировать различные численные методы для определенной физической задачи.

Владеть:

- современными компьютерными технологиями для решения научно-исследовательских и производственно-технологических задач профессиональной деятельности;
- навыками аналитического расчета квантовых процессов на ЭВМ;
- навыками применения различных численных методов для решения задач теоретической физики.

4. Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетные единицы, 144 часа.

5. Содержание дисциплины:

№ п/п	Раздел дисциплины
1	Аналитические вычисления в программе Mathematica.
1.1	Команды для аналитического преобразования алгебраических выражений.
1.2	Аналитическое дифференцирование.
1.3	Аналитическое интегрирование.
1.4	Аналитическое решение алгебраических уравнений.
1.5	Аналитическое решение дифференциальных уравнений.

2	Пакет для аналитических вычислений FeynCalc 6.0
2.1	Установка и запуск пакета FeynCalc. Основные команды.
2.2	Преобразование выражений, содержащих матрицы Дирака и спиноры.
2.3	Вычисление следов произведений матриц Дирака. Свертки.
2.4	Команды упрощения аналитических выражений.
2.5	Интегрирование с учетом возможной размерной регуляризации.
2.6	Дополнительные команды для расчетов в рамках КХД.
2.7	Расчет однопетлевых процессов в рамках СМ.
2.8	Расчет однопетлевых процессов в расширениях СМ.
3	Численные методы
3.1	Интерполяция. Постановка задачи приближения функции. Интерполяционный многочлен Лагранжа. Интерполяционная формула Ньютона с разделенными разностями. Многочлены Чебышева. Минимизация оценок остаточного члена. Интерполяционные формулы Бесселя и Эверетта. Ортогональные многочлены.
3.2	Численное дифференцирование. Погрешность формул. Формулы численного дифференцирования, полученные путем дифференцирования интерполяционных формул.
3.3	Численное интегрирование. Квадратурные формулы Ньютона-Котеса. Квадратурные формулы Гаусса. Интегрирование сильно осциллирующих функций. Повышение точности интегрирования за счет разбиения отрезка на равные части. Оптимизация распределения узлов квадратурной формулы. Главный член погрешности. Формулы Эйлера и Грегори. Правило Рунге практической оценки погрешности. Формулы Ромберга. Вычисление интегралов в сингулярном случае.
3.4	Метод Монте-Карло. Получение случайных величин. Преобразование случайных величин. Простейший метод Монте-Карло для вычисления интеграла. Способы уменьшения дисперсии. Интегралы, зависящие от параметра. Методы Монте-Карло с повышенной скоростью сходимости. Случайные квадратурные формулы. Использование смещенных оценок. Интегральные уравнения. Конструктивная размерность алгоритмов Монте-Карло. Интерполирование функций от большого числа переменных.

6. Форма контроля: Зачет, экзамен.

Аннотация учебной дисциплины «Теория групп Ли»

Направление подготовки: 011200.68 Физика

Профильная направленность: Теоретическая физика

Форма обучения: очная

Курс: 1

1. Дисциплина «Теория групп Ли» является дисциплиной по выбору вариативной части общенаучного цикла.

2. Целью освоения дисциплины «Теория групп Ли» является изучение основ теории групп Ли, необходимых студентам магистрантам для дальнейшего изучения квантовой теории поля и физики элементарных частиц.

3. В результате освоения дисциплины обучающийся должен:

Знать:

-основные понятия и определения теории групп Ли;

-классификацию групп Ли и общие свойства компактных групп Ли.

Уметь:

-применять общие методы теории групп Ли в физике элементарных частиц.

Владеть:

-навыками работы с генераторами и представлениями групп Ли, наиболее используемыми в физике элементарных частиц.

4. Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетные единицы, 144 часа.

5. Содержание дисциплины:

№ п/п	Раздел дисциплины
1	Группы Ли
	Понятие группы Ли. Однопараметрические подгруппы и генераторы. Канонические параметры и экспоненцирование. Коммутатор генераторов и структурные константы группы Ли. Понятие алгебры Ли группы Ли. Инвариантное интегрирование в группе Ли. Понятие компактной группы Ли. Соотношения ортогональности и теорема об унитарности представлений для компактной группы Ли. Представления группы Ли. Генераторы представления и их свойства (коммутатор, экспоненцирование, эрмитовость генераторов унитарных представлений). Группы Ли преобразований. Инфинитезимальные преобразования и генераторные функции. Нелинейные реализации групп. Связь между группой Ли и ее алгеброй Ли. Построение группы Ли по ее структурным константам. Уравнения Маурера-Картана.
2	Алгебры Ли
	Группа Ли и ее алгебра Ли. Под-алгебра, инвариантная подалгебра. Алгебры Ли простые и полупростые. Линейные представления группы Ли и алгебры Ли. Присоединенное представление. Инвариантная билинейная форма. Форма Киллинга. Критерий Картана полупростоты алгебры Ли.

	<p>Единственность инвариантной билинейной формы в простой алгебре Ли. Положительная определенность инвариантной билинейной формы в алгебре Ли компактной группы Ли. Структура алгебры Ли компактной группы. Разложение алгебры Ли компактной группы в ортогональную сумму простых компактных подалгебр. Структура компактной группы Ли. Классификация простых компактных алгебр Ли. Четыре серии классических групп и пять исключительных групп. Некоторые свойства алгебр Ли простых компактных групп (полная антисимметричность структурных констант, операторы Казимира в фундаментальном и присоединенном представлениях, C_A - и C_F - константы, шпуры генераторов и их произведений).</p>
3	Краткий обзор классических групп Ли
	<p>Группы унитарных матриц $U(n)$ и $SU(n)$. Генераторы групп $U(n)$ и $SU(n)$, f- и d-константы, λ - матрицы, соотношения полноты λ - матриц группы $SU(n)$. Группы $SU(2)$, $SU(3)$ и $SU(4)$. Матрицы Паули и их свойства. Матрицы Гелл-Мана и их свойства. Свойства λ - матриц группы $SU(4)$.</p> <p>Неприводимые представления групп $SU(n)$. Ортогональные и симплектические матрицы. Группы ортогональных матриц $O(n)$ и $SO(n)$, их инварианты и генераторы. Симплектические группы, их инварианты и генераторы.</p>

6. Форма контроля: Экзамен.

**Аннотация учебной дисциплины
«Введение в общую теорию относительности»**

Направление подготовки: 011200.68 Физика

Профильная направленность: Теоретическая физика

Форма обучения: очная

Курс: 1

1. Дисциплина «Введение в общую теорию относительности» является дисциплиной по выбору общенаучного цикла.

2. Целью освоения дисциплины «Введение в общую теорию относительности» является формирование у студентов базовых знаний по релятивистской теории гравитации.

3. В результате освоения дисциплины обучающийся должен:

Знать:

- постулаты, лежащие в основе общей теории относительности (ОТО);
- основные наблюдаемые следствия ОТО;
- метрику сферически-симметричного распределения материи;
- общие свойства движения пробной частицы в метрике Шварцшильда;
- метрику однородного изотропного распределения материи;

Уметь:

- получать уравнения Эйнштейна в пределе слабого гравитационного поля;
- вычислять основные наблюдательные эффекты ОТО;
- вычислять темп расширения Вселенной для пылевой материи и темной энергии;

Владеть:

- основами тензорного исчисления в искривленном пространстве-времени;
- методами общей теории относительности для описания гравитации;
- общими знаниями о современной космологии.

4. Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетные единицы, 144 часа.

5. Содержание дисциплины:

№ п/п	Раздел дисциплины
1	Элементы векторного анализа.
1.1	Скаляры, векторы, тензоры и законы их преобразования. Метрический тензор.
1.2	Физическое расстояние и временные интервалы в искривленном пространстве-времени.
1.3	Ковариантная производная. Символы Кристоффеля.
1.4	Тензор кривизны.
2	Общая теория относительности.
2.1	Гравитация в нерелятивистской физике.
2.2	Релятивистская гравитация. Уравнения Эйнштейна.
2.3	Уравнения Эйнштейна в приближении слабого гравитационного поля.
3	Наблюдательные проявления ОТО.

3.1	Гравитационное красное смещение.
3.2	Отклонение света массивными телами.
3.3	Смещение перигелия Меркурия.
3.4	Гравитационные волны.
4	Метрика Шварцшильда.
4.1	Сферически-симметричное решение уравнения Эйнштейна.
4.2	Геодезические линии массивных частиц.
4.3	Геодезические линии безмассовых частиц.
5	Элементы современной космологии.
5.1	Метрика Фридмана–Робертсона–Уокера.
5.2	Уравнения Фридмана. Решение для пылевой материи.
5.3	Решение уравнения Фридмана для темной энергии.

6. Форма контроля: Экзамен.

**Аннотация учебной дисциплины
«Дополнительные главы математической физики»**

Направление подготовки: 011200.68 Физика

Профильная направленность: Теоретическая физика

Форма обучения: очная

Курс: 1

1. Дисциплина «Дополнительные главы математической физики» является дисциплиной по выбору вариативной части общенаучного цикла.

2. Целью освоения дисциплины «Дополнительные главы математической физики» является приобретение студентами дополнительных знаний и умений по отдельным вопросам высшей математики и математической физики, недостаточно освещенным или отсутствующим в базовых курсах.

3. В результате освоения дисциплины обучающийся должен:

Знать:

- алгебру матриц, применяемых в квантовой теории;
- основные свойства полилогарифмов и функциональные соотношения для них.

Уметь:

- вычислять обобщенные интегралы гауссова типа в комплексной плоскости;
- вычислять интегралы с помощью теории вычетов;
- вычислять суммы рядов с помощью теории вычетов.

Владеть:

- навыками применения теории вычетов для решения разнообразных задач теоретической физики.

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

5. Содержание дисциплины:

№ п/п	Раздел дисциплины
1	Алгебра матриц двумерной электродинамики
2	Обобщённые гауссовы интегралы
3	Применение теории вычетов для вычисления интегралов и суммирования рядов
4	Полилогарифмы

6. **Форма контроля:** Зачет.

Аннотация учебной дисциплины
«Дополнительные главы квантовой механики»

Направление подготовки: 011200.68 Физика

Профильная направленность: Теоретическая физика

Форма обучения: очная

Курс: 1

1. Дисциплина «Дополнительные главы квантовой механики» является дисциплиной по выбору вариативной части общенаучного цикла.

2. Целью освоения дисциплины «Дополнительные главы квантовой механики» является изучение отдельных вопросов квантовой механики, которые не были детально изучены в базовых курсах бакалавриата Физики.

3. В результате освоения дисциплины обучающийся должен:

Знать:

- правило сложения моментов;
- уравнение Дирака в спинорном представлении.

Уметь:

- вычислять волновую функцию электрона в кулоновском поле ядра;
- решать задачи на сложение моментов;
- находить вероятности электрического и магнитного мультипольных излучений;
- пользоваться справочной литературой.

Владеть:

- навыками практического применения сложения моментов;
- навыками нахождения вероятности излучения в атоме водорода;
- навыками вычисления волновой функции электрона во внешнем электромагнитном поле.

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

5. Содержание дисциплины:

№	Раздел дисциплины
1.	Нерелятивистская теория водородоподобных атомов
1.1	Движение электрона в кулоновском поле ядра в параболических координатах.
1.2	Атом водорода в электрическом поле.
2	Сложение моментов
2.1	Правило сложения моментов
2.2	Коэффициенты Клебша-Гордона.
2.3	Система двух фотонов.
3.	Сферически-симметричные решения
3.1	Сферические волны фотонов.
3.2	Сферические волны электронов.
4.	Спинорное представление фермионов
4.1	Уравнение Дирака в спинорном представлении.
4.2	Двухкомпонентные фермионы.
4.3	Волновое уравнение частицы со спином 3/2.

5.	Уравнение Дирака во внешнем электромагнитном поле
5.1	Уравнение Дирака для электрона во внешнем кулоновском поле.
5.2	Движение спина во внешнем электромагнитном поле.
5.3	Рассеяние нейтрона на кулоновском центре.
5.4	Электрон в поле плоской электромагнитной волны.
6.	Теория излучения атомов
6.1	Испускание и поглощение фотонов
6.2	Электрическое и магнитное мультипольные излучения.
6.3	Излучение атома водорода.

6. Форма контроля: Зачет.

**Аннотация учебной дисциплины
«Калибровочная теория классических полей»**

Направление подготовки: 011200.68 Физика

Профильная направленность: Теоретическая физика

Форма обучения: очная

Курс: 1

1. Дисциплина «Калибровочная теория классических полей» является обязательной дисциплиной вариативной части общенаучного цикла.

2. Целью освоения дисциплины «Калибровочная теория классических полей» является изучение теории взаимодействия полей на основе локальной симметрии.

3. В результате освоения дисциплины обучающийся должен:

Знать:

- о принципе локальной калибровочной инвариантности и удлиненной ковариантной производной;
- о методе построения взаимодействия фермионов с векторными полями на основе локальной калибровочной произвольной группы Ли;
- о механизме спонтанного нарушения симметрии;
- основные лагранжианы взаимодействия квантовых полей;
- калибровочные теории взаимодействия кварков и глюонов;
- модель Вайнберга-Салама единого электрослабого взаимодействия.

Уметь:

- строить лагранжианы на основе принципа локальной калибровочной инвариантности;
- строить лагранжианы взаимодействия векторных полей;
- вычислять массы векторных и фермионных полей на основе спонтанного нарушения симметрии.

Владеть:

- навыками построения калибровочно инвариантных билинейных и трилинейных структур по полям;
- навыками вычисления S- матричных элементов электрослабых процессов в рамках теории Вайнберга-Салама.

4. Общая трудоемкость дисциплины составляет 7 зачетных единиц, 252 часа.

5. Содержание дисциплины:

№ п/п	Раздел дисциплины
1.	Введение.
1.1	Классическая электродинамика как пример калибровочной теории. Удлиненная производная. Принцип локальной калибровочной инвариантности.
2.	Представление калибровочных групп симметрии.
2.1	Набор фермионных безмассовых полей. Инвариантность относительно глобальной группы симметрии.
2.2	Алгебра генераторов группы Ли. Структурные константы.
2.3	Удлиненная производная. Лагранжиан взаимодействия фермионов с векторными

	полями.
3.	Самодействие векторных полей.
3.1	Статус векторных полей. Лагранжиан свободных векторных полей.
3.2	Локальный калибровочно инвариантный лагран-жиан векторных полей.
3.3	Лагранжиан взаимодействия векторных полей.
4.	Спонтанное нарушение произвольной симметрии.
4.1	Спонтанное нарушение симметрии на примере дискретной группы. Спонтанное нарушение симметрии непрерывной группы. Теорема Голдстоуна.
4.2	Генерация массы векторного поля на примере спонтанного нарушения симметрии группы $U(1)$.
5.	Модель Вайнберга-Салама.
5.1	Модель Вайнберга-Салама. Описание электромагнитных и слабых взаимодействий. Представление фермионов в модели Вайнберга-Салама.
5.2	Локальная калибровочная симметрия. Лагранжиан взаимодействия фермионов с векторными полями.
6.	Электрослабые взаимодействия.
6.1	Фотон, бозон. Угол Вайнберга.
6.2	Электродинамика, Z -взаимодействие, взаимодействие заряженных токов. Лагранжиан самодействия векторных полей.
7.	Спонтанное нарушение калибровочной симметрии и голдстоуновские бозоны.
7.1	Механизм спонтанного нарушения симметрии. χ - скаляр. Генерация масс векторных полей.
7.2	Юкавское взаимодействие.
7.3	Генерация масс фермионов.

6. Форма контроля: Экзамен.

Аннотация учебной дисциплины «Квантовая электродинамика»

Направление подготовки: 011200.68 Физика

Профильная направленность: Теоретическая физика

Форма обучения: очная

Курс: 1

1. Дисциплина «Квантовая электродинамика» является обязательной дисциплиной вариативной части общенаучного цикла.

2. Целью освоения дисциплины «Квантовая электродинамика» является изучение основ квантования взаимодействующих полей, техники вычисления вероятностей, сечений квантовых процессов и других измеряемых на опыте величин.

3. В результате освоения дисциплины обучающийся должен:

Знать:

- представления Шредингера и Гейзенберга;
- лагранжиан электромагнитного взаимодействия заряженных частиц с различным спином;
- оператор эволюции и его связь с вероятностью квантовых переходов;
- правила диаграммной техники Фейнмана.

Уметь:

- строить ряд теории возмущения по постоянной тонкой структуры с использованием теоремы Вика;
- вычислять вероятности и S-матричные элементы квантовых процессов.
- выписывать амплитуду квантового процесса, используя правила Фейнмана

Владеть:

- навыками интегрирования по фазовому объему квантовых процессов;
- диаграммной техникой Фейнмана;
- навыками вычисления сечения с использованием кинематических переменных Мандельштама.

4. Общая трудоемкость дисциплины составляет 7 зачетных единиц, 252 часа.

5. Содержание дисциплины:

№ п/п	Раздел дисциплины
1	Введение
1.1	Лагранжиан взаимодействия электронов и фотонов в классической электродинамике.
1.2	Представление Гейзенберга. Представление Дирака.
2	Оператор эволюции.
2.1	Оператор эволюции. Эквивалентность представлений Гейзенберга и Дирака.
2.2	Нахождение оператора эволюции в виде ряда по лагранжиану взаимодействия.
3	Вероятностная интерпретация S- матричных элементов
3.1	S-оператор. Вероятностная интер-претация матричного элемента.
3.2	Вероятность распада одночас-тичного состояния. Сечение рассеяния в инвариантной форме.

3.3	Фазовые объемы реакций с двумя и тремя частицами в конечном состоянии.
4	Разложение в ряд по заряду электрона. Правила Фейнмана.
4.1	S-оператор в квантовой электродинамике. Теорема Вика.
4.2	Разложение в ряд по заряду электрона. Четность ряда. Постоянная тонкой структуры. Нахождение матричного элемента Комптоновского рассеяния в e^2 приближении.
4.3	Правила Фейнмана и диаграммная техника. Вычисление сечения Комптоновского рассеяния. Формула Томсона. Формула Клейна-Нишины.
4.4	Переменные Мандельштама. Кроссинг симметрия.

6. Форма контроля: Экзамен.

**Аннотация учебной дисциплины
«Введение в физику адронов»**

Направление подготовки: 011200.68 Физика

Профильная направленность: Теоретическая физика

Форма обучения: очная

Курс: 1,2

1. Дисциплина «Введение в физику адронов» относится к базовой части профессионального цикла.

2. Целью освоения дисциплины «Введение в физику адронов» является изучение основных закономерностей в физике и SU_{f(3)}-систематике сильно взаимодействующих частиц – адронов, приведших в итоге к предсказанию кварков структуры адронов.

3. В результате освоения дисциплины обучающийся должен:

Знать:

-классификацию адронов по мультиплетам группы ароматовой симметрии SU_{f(3)};

-исходные принципы построения адронов из кварков.

Уметь:

-получать квантовые числа адронов из квантовых чисел составляющих их кварков.

Владеть:

-навыками нахождения соотношений между массами адронов внутри мезонных и барионных мультиплетов в схеме с нарушенной SU_{f(3)}-симметрией.

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

5. Содержание дисциплины:

№ п/п	Раздел дисциплины
1	Введение
	Типы фундаментальных взаимодействий. Лептоны, калибровочные бозоны и адроны. Основные черты стандартной модели электро слабого взаимодействия.
2	Обзор свойств адронов
	Основные характеристики адронов. Массы, спин-четность, времена жизни и ширины, основные моды распадов 0^- - и 1^- - мезонов и $(1/2)^+$ - и $(3/2)^+$ - барионов.
3	Изотопическая симметрия адронов
	Изотопическая симметрия адронов и группа SU(2). Изотопические мультиплеты адронов. Матрицы изоспина для дублетов и триплетов и их свойства. SU(2)-инвариантный
4	Унитарная симметрия адронов и группа SU_{f(3)}

	<p>Странность и гиперзаряд адронов и ароматовая группа SU_3. Генераторы группы SU_3 и низшие представления группы SU_3: триплеты, секстеты, октет и декуплеты. Матрицы изоспина и гиперзаряда в фундаментальном, октетном и декуплетном представлениях группы SU_3. Весовые диаграммы и классификация адронов по представлениям группы SU_3. 0^-, 1^-, $(1/2)^+$ - и $(3/2)^+$ - мультиплеты адронов. Нарушенная SU_3-симметрия и расщепление масс адронов в SU_3-мультиплетах. Массовые формулы для октета барионов. Массовые формулы для псевдоскалярных мезонов. Массовые формулы для</p>
5	<p>Кварковая модель адронов</p>
	<p>Кварки и их квантовые числа. u-, d-, s-, t-, b- кварки. Чармоний и боттомоний. История открытия c-, b- и t-кварков. c- и b- адроны. Кварковый состав мезонных SU_3-мультиплетов. Кварковый состав барионных SU_3-мультиплетов. История, успехи и трудности простейшей кварковой модели. Проблема статистики кварков и проблема удержания кварков в адронах и качественные особенности экспериментальных данных по глубоко неупругому рассеянию электронов на нуклонах. Понятие цвета кварков. Проявления цветовых степеней свободы кварков в эксперименте. Понятие цветовой и ароматовой симметрии кварков и адронов. Группы ароматовых и цветовых преобразований кварков SU_3 и SU_3. Понятие калибровочной цветовой симметрии кварков.</p>

6. Форма контроля: Зачеты.

**Аннотация учебной дисциплины
«Квантовые процессы во внешней активной среде»**

Направление подготовки: 011200.68 Физика

Профильная направленность: Теоретическая физика

Форма обучения: очная

Курс: 2

1. Дисциплина «Квантовые процессы во внешней активной среде» является дисциплиной базовой части профессионального цикла.

2. Целью освоения дисциплины «Квантовые процессы во внешней активной среде» является приобретение студентами знаний и умений по исследованию процессов с участием элементарных частиц в условиях активной астрофизической среды, в частности, в электромагнитном поле.

3. В результате освоения дисциплины обучающийся должен:

Знать:

- решение уравнения Дирака во внешнем электромагнитном поле;
- пропагатор заряженного фермиона во внешнем магнитном поле;
- поляризационный оператор фотона во внешнем магнитном поле;
- собственно-энергетический оператор нейтрино в плазме;
- поляризационный оператор фотона в плазме.

Уметь:

- понимать современные проблемы физики и использовать фундаментальные физические представления в сфере профессиональной деятельности;
- получать волновые функции, описывающие электрон в магнитном и скрещенном полях;
- вычислять S-матричный элемент рассеяния фотона вперед во внешнем магнитном поле;
- вычислять S-матричный элемент рассеяния нейтрино вперед в плазме;
- вычислять амплитуду и вероятность процесса распада фотона на электрон-позитронную пару во внешнем поле.

Владеть:

- основами использования диаграммной техники Фейнмана во внешнем поле;
- основами интегрирования по фазовому объему заряженных частиц во внешнем поле;
- основами вычисления вероятностей процессов на основе мнимых частей соответствующих амплитуд во внешней активной среде.

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

5. Содержание дисциплины:

№ п/п	Раздел дисциплины
1	Решение уравнения Дирака во внешнем электромагнитном поле
2	Пропагатор заряженного фермиона во внешнем электромагнитном поле
3	Собственно-энергетический оператор нейтрино в плазме
4	Поляризационный оператор фотона
5	Диаграммная техника во внешнем магнитном поле и плазме
6	Распад фотона на электрон-позитронную пару во внешнем поле

6. **Форма контроля:** Экзамен.

Аннотация учебной дисциплины «История и методология физики»

Направление подготовки: 011200.68 Физика

Профильная направленность: Теоретическая физика

Форма обучения: очная

Курс: 1

1. Дисциплина «История и методология физики» является дисциплиной базовой части профессионального цикла.

2. Целью освоения дисциплины «История и методология физики» является формирование у студентов ясного представления о физической картине мира как основе целостности и многообразия природы. Задачей курса является знакомство студентов с основными направлениями физики, теоретическими и экспериментальными методами исследований и их развитием от античности до наших дней.

3. В результате освоения дисциплины обучающийся должен:

Знать:

- историю и методологию физических наук, расширяющие общепрофессиональную, фундаментальную подготовку;
- основные разделы современной физики;
- о возникновении и эволюции важнейших физических понятий;
- о методах теоретического и экспериментального исследования;
- об основных экспериментальных исследованиях.

Уметь:

- грамотно и осмысленно излагать эволюцию развития физики, как науки;
- устанавливать причинно-следственные связи в эволюции развития физики.

Владеть:

- навыками подбора и работы с научной литературой;
- навыками анализа, классификации физических моделей и явлений.

4. Общая трудоемкость дисциплины составляет 2 зачетные единицы, 72 часа.

5. Содержание дисциплины:

№ п/п	Раздел дисциплины
1	Развитие представлений о пространстве и времени от античности до современности
2	Развитие представлений о строении материи от античности до современности
3	Развитие физики как построение и смена физических законов
4	Физические законы
5	Физика элементарных частиц (физика высоких энергий) как пример фундаментальной науки.
6	История развития представлений о Вселенной

6. **Форма контроля:** Зачет.

Аннотация учебной дисциплины
«Метод ренормализационной группы в квантовой теории поля»

Направление подготовки: 011200.68 Физика

Профильная направленность: Теоретическая физика

Форма обучения: очная

Курс: 2

1. Дисциплина «Метод ренормализационной группы в квантовой теории поля» является дисциплиной по выбору вариативной части профессионального цикла.

2. Дисциплина «Метод ренормализационной группы в квантовой теории поля» обеспечивает приобретение студентами знаний и умений теоретического описания асимптотических свойств операторов квантовой теории поля с помощью уравнений ренормгруппы.

3. В результате освоения дисциплины обучающийся должен:

Знать:

- основные уравнения ренормализационной группы;
- основные типы асимптотического поведения эффективных констант связи в квантовой теории поля;

Уметь:

- формулировать уравнение Гелл-Манна–Лоу для бегущего заряда;
- формулировать уравнение для бегущей массы;

Владеть:

- навыками анализа асимптотического поведения эффективной константы связи в зависимости от поведения функции Гелл-Манна–Лоу.

4. Общая трудоемкость дисциплины составляет 2 зачетные единицы, 72 часа.

5. Содержание дисциплины:

№ п/п	Раздел дисциплины
1	Общий формализм метода ренормгруппы
1.1	Физическое обоснование перенормировки. Достижения и трудности квантовой электродинамики. Понятия перенормировки, регуляризации, точных пропагаторов и вершинных функций. Способы регуляризации.
1.2	Мультипликативная перенормировка в квантовой электродинамике. Уравнение Дайсона. Перенормировка пропагаторов и вершинных функций. Перенормировка амплитуд. Тожество Уорда.
1.3	Универсальный формализм мультипликативной перенормировки функций Грина. Ренормализационная группа. Обезразмеренные функции Грина, их мультипликативная перенормировка, точка нормировки. Эффективный, или инвариантный заряд. Групповой характер преобразований перенормировки. Бегущая константа связи.
1.4	Уравнения ренормгруппы и их общие решения. Ренормгрупповое преобразование обобщенной функции Грина. Функциональные уравнения ренормгруппы. Дифференциальное уравнение ренормгруппы Овсянникова–Каллана–Симанчика.

	Уравнение Гелл-Манна–Лоу для бегущего заряда и уравнение для бегущей массы.
1.5	Ультрафиолетовая и инфракрасная асимптотики функций Грина. Случай безмассовой теории. Функция Гелл-Манна–Лоу. Функция аномальной размерности. Интегральное уравнение Гелл-Манна–Лоу. Типы асимптотического поведения эффективной константы связи в зависимости от поведения функции Гелл-Манна–Лоу.
2	Применения метода ренормализационной группы.
2.1	Испытательный полигон квантовой теории поля – модель $g\phi^4$. Вершинная функция для амплитуды перехода $2 \rightarrow 2$. Комбинаторика модели $g\phi^4$. Диаграммы типа «рыба». Эффективный заряд. Неустойчивость поведения эффективного заряда относительно поправок высших порядков.
2.2	Проблема «нуль-заряда» в квантовой электродинамике. Обезразмеренная функция Грина фотона. Формула Ландау–Абрикосова–Халатникова для эффективной константы связи квантовой электродинамики. «Призрачный полюс Ландау». Проблема «нуль-заряда» и перспектива ее решения.
2.3	Асимптотическая свобода в квантовой хромодинамике. Проблемы построения квантовополевой теории сильных взаимодействий. Теорема Гросса–Вильчека–Политцера для теорий с неабелевыми полями Янга–Миллса. Обезразмеренная функция Грина глюона в квантовой хромодинамике. Бегущая константа связи сильного взаимодействия. Размерная трансмутация.
2.4	Великое объединение взаимодействий. Полупростая группа сильного и электрослабого взаимодействий $SU(3) \times SU(2) \times U(1)$. Слияние трех бегущих констант связи и масштаб великого объединения. Вычисление угла Вайнберга. Проблема треугольника.
2.5	Бегущая масса кварка.
2.6	Модель Пати-Салама с кварк-лептонной симметрией.

6. Форма контроля: Зачет.

**Аннотация учебной дисциплины
«Численные методы в астрофизике»**

Направление подготовки: 011200.68 Физика

Профильная направленность: Теоретическая физика

Форма обучения: очная

Курс: 2

1. Дисциплина «Численные методы в астрофизике» является дисциплиной по выбору профессионального цикла.

2. Целью освоения дисциплины «Численные методы в астрофизике» является формирование у студентов дополнительных знаний и умений при численном решении и моделировании различных задач в астрофизике.

3. В результате освоения дисциплины обучающийся должен:

Знать:

- основные методы численного решения дифференциальных уравнений в частных производных;
- основные методы Монте-Карло

Уметь:

- применять и комбинировать различные численные методы для задач возникающих в астрофизике

Владеть:

- навыками численного решения уравнений переноса, диффузии;
- навыками численного интегрирования методом Монте-Карло;
- навыками численного генерирования случайных величин с определенной функцией распределения

4. Общая трудоемкость дисциплины составляет 2 зачетные единицы, 72 часа.

5. Содержание дисциплины:

№ п/п	Раздел дисциплины
1	Численные методы решения дифференциальных уравнений в частных производных
1.1	Разносные схемы. Схема бегущего счета. Сходимость. Аппроксимация. Устойчивость.
1.2	Линейные уравнения переноса. Уравнение диффузии. Метод Кранка-Николсона.
1.3	Спектральные методы. Полиномы Чебышева. Метод Галеркина.
2	Методы Монте-Карло
2.1	Простейший метод Монте-Карло для вычисления интеграла. Способы уменьшения дисперсии.
2.2	Псевдослучайные числа. Квази-случайные числа. Генерация случайных величин с заданной функцией распределения. Общие методы. Методы Монте-Карло с повышенной скоростью сходимости. Адаптивные методы.
2.3	Метод Метрополиса.
3	Методы решений уравнений гидростатического равновесия. Метод Курица. Метод Ауэра-Михаласа.

6. **Форма контроля:** Зачет.

**Аннотация учебной дисциплины
«Проблема многих тел в квантовой механике»**

Направление подготовки: 011200.68 Физика

Профильная направленность: Теоретическая физика

Форма обучения: очная

Курс: 2

1. Дисциплина «Проблема многих тел в квантовой механике» является дисциплиной по выбору вариативной части профессионального цикла.

2. Целью освоения дисциплины «Проблема многих тел в квантовой механике» является знакомство магистрантов с подходами рассмотрения коллективных явлений в квантовой механике, с явлением сверхизлучения и сверхпроводимостью, взаимодействия электронов с фононами в полупроводниках.

3. В результате освоения дисциплины обучающийся должен:

Знать:

- представление вторичного квантования;
- временную и стационарную теорию возмущений;
- представления Шредингера и Гейзенберга;
- правила диаграммной техники Фейнмана;
- нормальное и хронологическое произведения операторов.

Уметь:

- строить ряд теории возмущения с использованием теоремы Вика;
- вычислять поправки к энергии за счёт межэлектронного взаимодействия и взаимодействия с фононами.

Владеть:

- навыками записи уравнения Шредингера для многочастичной системы;
- навыками отыскания решения для стандартных систем с модельными гамильтонианами.

4. Общая трудоемкость дисциплины составляет 2 зачетные единицы, 72 часа.

5. Содержание дисциплины:

№ п/п	Раздел дисциплины
1	Введение
1.1	История, успехи и трудности моделей многих тел. Проблема регулярности и стохастичности в сложных системах
1.2	Тождественность частиц. Фермионы и бозоны. Уравнение Шредингера в матричной форме.
2	Представление вторичного квантования.
2.1	Операторы рождения и уничтожения частиц. Коммутационные соотношения. Вакуумное состояние. Основное состояние ферми-частиц.
2.2	Операторы в представлении вторичного квантования. Оператор кинетической энергии. Оператор кулоновского взаимодействия электронов.
2.3	Взаимодействие электронов с фотонами и с фононами. Полевые операторы.
3	Стационарная теория возмущений.
3.1	Теории возмущений Бриллюэна – Вигнера и Рэлея- Шредингера.

3.2	Диаграммная техника. Вычисление поправок энергии в первом и втором поправках.
4	Временная теория возмущений.
4.1	Операторы рождения и уничтожения в представлении Гайзенберга и взаимодействия. Оператор динамической эволюции. Адиабатическая гипотеза.
4.2	Р- и Т-произведение операторов. Теорема Вика.
4.3	Диаграммная техника Фейнмана во временной теории возмущений.

6. Форма контроля: Зачет.

**Аннотация учебной дисциплины
«Нейтринная физика сверхновых и нейтронных звезд»**

Направление подготовки: 011200.68 Физика

Профильная направленность: Теоретическая физика

Форма обучения: очная

Курс: 2

1. Дисциплина «Нейтринная физика сверхновых и нейтронных звезд» является дисциплиной по выбору профессионального цикла дисциплин.

2. Дисциплина «Нейтринная физика сверхновых и нейтронных звезд» дает студентам знания об уникальных физических объектах – сверхновых и нейтронных звездах, остывание которых определяется излучением нейтрино. Поэтому такие объекты являются естественными лабораториями по изучению нейтринных процессов в сверхплотной, горячей, среде с сильным магнитным полем.

3. В результате освоения дисциплины обучающийся должен:

Знать:

- физические параметры среды на каждой стадии взрыва сверхновой с коллапсом центральной части;
- определения скорости нейтринных реакций, светимости нейтрино из единицы объема и 4-импульса, передаваемого среде при прохождении через нее нейтрино;
- структуру нейтронной звезды и физические параметры ее коры и ядра;
- основные нейтринные процессы, определяющие остывание ядра нейтронной звезды;

Уметь:

- вычислять квадрат S -матричного элемента, светимость и скорость прямых угса-процессов, в том числе в случае среды с сильным магнитным полем;
- оценивать типичное время прихода среды к равновесию при прохождении через нее потока нейтрино, оценивать параметры среды оптически непрозрачной для нейтрино;
- показывать, что прямые угса-процессы запрещены в сильно вырожденной среде из нуклонов и электронов;

Владеть:

- методами квантовой теории поля для расчета нейтринных процессов в среде с магнитным полем;
- методами квантовой статистической физики для учета влияния среды на нейтринные процессы.

4. Общая трудоемкость дисциплины составляет 2 зачетные единицы, 72 часа.

5. Содержание дисциплины:

№ п/п	Раздел дисциплины
1	Светимости и скорости нейтринных процессов в активной среде.
1.1	Эффективный электрослабый лагранжиан в пределе малого переданного импульса.

1.2	Квадрат S-матричного элемента нейтрино-нуклонных и нейтрино-лептонных процессов в низкоэнергитическом пределе.
1.3	Скорость и светимость нейтринных процессов. Длины свободного пробега нейтрино.
1.4	Нейтринные процессы в сильных магнитных полях.
1.5	Макроскопические проявления взаимодействия нейтрино со средой.
2	Нейтринные процессы в сверхновой.
2.1	Стадии взрыва сверхновой с коллапсом центральной части.
2.2	Нейтронизация и первичный нейтринный всплеск. Захват нейтрино средой, нейтриносфера.
2.3	Формирование обратной ударной волны. Нейтринное остывание оболочки сверхновой.
2.4	Магниторотационный взрыв сверхновой. Нейтринные динамические эффекты в среде с сильным магнитным полем.
2.5	SN 1987A, результаты наблюдений.
3	Нейтринные процессы в нейтронных звездах.
3.1	Структура и строение нейтронных звезд.
3.2	Основные нейтринные процессы во внутренней коре и ядре нейтронной звезды.
3.3	Кинематика прямых угса-процессов в сильно вырожденной среде.
3.4	Модифицированные угса-процессы.
3.5	Нейтринные процессы в плотной среде с сильным магнитным полем.
3.6	Нейтринные процессы в невырожденной горячей среде с сильным магнитным полем.
3.7	Нейтринные процессы в плазме, являющейся источником гигантской вспышки SGR.

6. Форма контроля: Зачет.

**Аннотация учебной дисциплины
«Эффективные теории распадов адронов»**

Направление подготовки: 011200.68 Физика

Профильная направленность: Теоретическая физика

Форма обучения: очная

Курс: 2

1. Дисциплина «Эффективные теории распадов адронов» является дисциплиной по выбору вариативной части профессионального цикла.

2. Целью освоения дисциплины «Эффективные теории распадов адронов» является знакомство с современными эффективными теориями, используемыми в физике частиц, и их применение к вычислению вероятностей распадов, дифференциальных распределений и других измеряемых на опыте величин в рамках упрощающих эффективных теорий.

3. В результате освоения дисциплины обучающийся должен:

Знать:

- классификацию и свойства адронов;
- лагранжиан эффективного четырехфермионного слабого взаимодействия;
- дополнительные операторы, индуцированные сильным взаимодействием;
- нерелятивистские КЭД и КХД;
- эффективную теорию тяжелых кварков;
- эффективную теорию мягких и коллинеарных мод.

Уметь:

- вычислять вильсоновские коэффициенты в операторном разложении;
- вычислять вероятности распадов адронов;
- делать разложение полей тяжелых кварков по скорости;
- проводить разложение полей вблизи светового конуса.

Владеть:

- навыками интегрирования по фазовому объему квантовых процессов;
- диаграммной техникой Фейнмана;
- навыками построения эффективных лагранжианов для конкретных процессов.

4. Общая трудоемкость дисциплины составляет 2 зачетные единицы, 72 часа.

5. Содержание дисциплины:

№ п/п	Раздел дисциплины
1	Введение.
1.1	Лагранжиан стандартной модели взаимодействий частиц.
1.2	Низкоэнергетический предел в лептонном секторе. Константа Ферми.
2	Эффективный лагранжиан слабых распадов адронов.
2.1	Лагранжиан заряженных и нейтральных токов в древесном приближении.
2.2	Лептонные и полулептонные распады адронов. Константы распадов. Форм-факторы переходов.
2.3	Эффективные гамильтонианы нейтральных токов, меняющих аромат.
2.4	Аномалия аксиальных токов. Электромагнитные распады нейтральных

	псевдоскалярных мезонов.
3	Нерелятивистские КЭД и КХД.
3.1	Нерелятивистская КЭД.
3.2	Нерелятивистская КХД.
3.3	Электромагнитные и сильные распады кваркониев
4	Эффективная теория тяжелых кварков (ЭТТК).
4.1	Симметрия ЭТТК. Лагранжиан, определяющий слабые распады адронов.
4.2	Факторизация адронных распадов мезонов.
4.3	Переходы тяжелого адрона в тяжелый и тяжелого в легкий. Полулептонные распады.
4.4	Предел больших энергий ЭТТК. Обобщенная факторизация амплитуд распадов.
5	Эффективная теория мягких и коллинеарных мод (ЭТМКМ).
5.1	Разложение кварковых и глюонных полей вблизи светового конуса. Классификация мягких и коллинеарных мод по степени виртуальности.
5.2	Факторизация адронных амплитуд в ЭТМКМ.

6. Форма контроля: Зачет.

**Аннотация учебной дисциплины
«Расширения стандартной модели в астрофизике»**

Направление подготовки: 011200.68 Физика

Профильная направленность: Теоретическая физика

Форма обучения: очная

Курс: 2

1. Дисциплина «Расширения стандартной модели в астрофизике» является дисциплиной по выбору профессионального цикла дисциплин.

2. Дисциплина «Расширения стандартной модели в астрофизике» дает студентам знания по простейшим расширениям стандартной модели, получившим наиболее широкое применение в астрофизике.

3. В результате освоения дисциплины обучающийся должен:

Знать:

- принципы построения расширений;
- простейшие модели расширений стандартной модели;
- свойства легких гипотетических частиц.

Уметь:

- получать лагранжианы взаимодействий калибровочных теорий великого объединения;
- вычислять спектр масс частиц;
- получать вероятности осцилляций нейтральных частиц;
- вычислять интегральные характеристики астрофизических объектов.

Владеть:

- основами квантовой теории поля;
- методами построения расширений стандартной модели;
- общими знаниями о возможности существования и необходимости новых частиц.

4. Общая трудоемкость дисциплины составляет 2 зачетные единицы, 72 часа.

5. Содержание дисциплины:

№ п/п	Раздел дисциплины
1	Введение
1.1	Принципы построения расширений.
1.2	Элементарные расширения фермионного и скалярного секторов модели. Четвертое поколение. Расширенный хиггсовский сектор.
1.3	Калибровочные расширения. SU(5) и SO(10) модели великого объединения.
1.4	Суперсимметрия.
2	Аксион.
2.1	Проблема сильного CP нарушения. Механизм Печчея и Квин.
2.2	Наиболее распространенные аксионные модели. Масса аксиона. Взаимодействие с фотонами и фермионами. Осцилляции.
2.3	Астрофизические и космологические ограничения на параметры аксиона
3	Экзотические частицы.

3.1	Скаляры: арион, майорон, фамилон.
3.2	Фермионы: нейтралино, аксино.
3.3	Кандидаты на темную материю.
4	Астрофизические приложения.
4.1	Вклад в энергетические потери астрофизических объектов.
4.2	Влияние астрофизических магнитных полей.

6. Форма контроля: Зачет.

Аннотация учебной дисциплины
«Метод континуального интеграла в квантовой теории поля»

Направление подготовки: 011200.68 Физика

Профильная направленность: Теоретическая физика

Форма обучения: очная

Курс: 1

1. Дисциплина «Метод континуального интеграла в квантовой теории поля» является обязательной дисциплиной вариативной части профессионального цикла.

2. Дисциплина «Метод континуального интеграла в квантовой теории поля» дает студентам дополнительные знания и умения по применению универсального формализма в квантовой механике, квантовой статистической физике, теории конденсированных сред, релятивистской квантовой теории поля.

3. В результате освоения дисциплины обучающийся должен:

Знать:

- амплитуду перехода в квантовой механике;
- матрицу плотности в квантовой механике;
- производящий функционал для функций Грина в квантовой теории поля.

Уметь:

- вычислять амплитуды перехода квантового осциллятора;
- вычислять квазиклассические поправки в распределении Больцмана-Максвелла;
- вычислять функции Грина взаимодействующих полей методом разложения в ряд по константе связи.

Владеть:

- навыками вычисления обобщенных гауссовых интегралов по траекториям;
- навыками практического применения аппарата континуального интеграла в квантовой теории;
- навыками использования методов перевала и стационарной фазы для приближенного вычисления обобщенных негауссовых интегралов по траекториям.

4. Общая трудоемкость дисциплины составляет 5 зачетных единиц, 180 часов.

5. Содержание дисциплины:

№ п/п	Раздел дисциплины
1	Континуальный интеграл в квантовой механике
1.1	Амплитуда перехода в квантовой механике. Представление амплитуды перехода интегралом по путям. Амплитуда перехода в гамильтоновой и фейнмановской форме.
1.2	Вычисление амплитуды перехода свободной частицы и квантового осциллятора.
1.3	Метод стационарной фазы приближенного вычисления квантовомеханической амплитуды перехода.
2	Континуальный интеграл в квантовой статистической физике
2.1	Представление матрицы плотности в квантовой статистической механике интегралом по путям. Формула Фейнмана-Каца.
2.2	Вычисление матрицы плотности идеального бозегаза и системы квантовых осцилляторов.

2.3	Квазиклассическое приближение квантовой статистической механики. Метод перевала приближенного вычисления негауссовых интегралов при разложении статсуммы по степеням постоянной Планка. Вычисление первой квантовой поправки в выражении статсуммы.
3	Континуальный интеграл в квантовой теории поля.
3.1	Производящий функционал для функций Грина в квантовой теории поля. Представление производящего функционала интегралом по путям. Производящий функционал связанных функций Грина и его представление континуальным интегралом.
3.2	Грассмановы образующие и интеграл по грассмановым переменным. Представление производящего функционала для функций Грина по ферми-полям континуальным интегралом Березина.
3.3	Вычисление фейнмановских пропагаторов свободных ферми- и бозеполей методом континуального интеграла.
3.4	Теория возмущений при разложении по константе связи в формализме континуального интеграла. Фейнмановская диаграммная техника.
3.5	Построение фейнмановской диаграммной техники для вычисления связанных функций Грина в теории $\lambda\varphi^4$.
3.6	Производящий функционал свободных калибровочных полей в представлении континуального интеграла. Анзац Фаддеева-Попова. Вычисление пропагатора свободного калибровочного поля в обобщенной калибровке.
3.7	Теория возмущений в калибровочных моделях в формализме континуального интеграла. Души Фаддеева-Попова.

6. Форма контроля: Экзамен.

**Аннотация учебной дисциплины
«Введение в квантовую хромодинамику»**

Направление подготовки: 011200.68 Физика

Профильная направленность: Теоретическая физика

Форма обучения: очная

Курс: 2

1. Дисциплина «Введение в квантовую хромодинамику» является обязательной дисциплиной вариативной части профессионального цикла.

2. Целью освоения дисциплины «Введение в квантовую хромодинамику» является изучение основ квантовой хромодинамики (КХД) как калибровочной теории сильного взаимодействия кварков и глюонов, специфических особенностей КХД как неабелевой калибровочной теории и овладение методами расчетов простейших процессов в физике адронов с участием кварков и глюонов.

3. В результате освоения дисциплины обучающийся должен:

Знать:

-обоснование и структуру КХД – лагранжиана;

-правила диаграммной техники в КХД;

-основные подходы к описанию свойств тяжелых кваркониев на основе КХД;

-основные принципы описания процессов столкновений адронов высоких энергий в терминах структурных функций и партонных функций распределения.

Уметь:

-использовать КХД – лагранжиан и соответствующие ему правила диаграммной техники для расчетов сильных процессов с участием кварков и глюонов.

Владеть:

-навыками расчетов простейших процессов древесного и однопетлевого приближения КХД.

-навыками расчетов ширин лептонных и адронных распадов тяжелых кваркониев.

4. Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетные единицы, 144 часа.

5. Содержание дисциплины:

№ п/п	Раздел дисциплины
1	Введение Первоначальные сведения о кварках
	История, успехи и трудности простейшей кварковой модели. Цвет кварков. Цветовая и ароматовая симметрия адронов.
2	Цветовая калибровочная симметрия и основные уравнения хромодинамики
	Электродинамика как пример абелевой калибровочной теории. Калибровочные цветовые преобразования и КХД- лагранжиан. Кваркглюонное, трехглюонное и четырехглюонное взаимодействия. Цветовые токи и уравнения поля для кварков и глюонов.
3	Квантование глюонного и кварковых полей
	Особенности квантования глюонного поля (α -калибровка, духи). Правила Феймана в КХД. $\bar{q}q$ g -, $\bar{\xi}\xi$ g -, 3g - и 4g- вершины. Простейшие процессы с кварками и глюонами.

	<p>Амплитуда рассеяния кварка на кварке и пертурбативный потенциал взаимодействия двух кварков в симметричном и антисимметричном по цвету состояниях.</p> <p>Амплитуда рассеяния кварка на антикварке и пертурбативный потенциал взаимодействия кварка и антикварка в синглетном и октетном цветовых состояниях.</p> <p>Поляризация вакуума в КХД. Вклады кварков, глюонов и духов в поляризационный оператор в однопетлевом приближении.</p> <p>Бегущая константа связи и понятие асимптотической свободы в КХД.</p>
4	<p>КХД и физика тяжелых кваркониев</p> <p>История открытия и основные свойства Ψ - и Y - мезонов (спектр масс, квантовые числа, моды распадов).</p> <p>Спектроскопия Ψ - и Y - мезонов и потенциальные модели.</p> <p>Пертурбативный и удерживающий потенциалы.</p> <p>Спинзависимые силы и расщепления масс тяжелых кваркониев.</p> <p>Электромагнитные, лептонные и глюонные распады тяжелых кваркониев:</p> $n^3 S_1 \bar{Q}Q \rightarrow \mu^+ \mu^- ,$ $n^3 S_1 \bar{Q}Q \rightarrow \gamma \bar{q}q ,$ $n^1 S_0 \bar{Q}Q \rightarrow 2\gamma ,$ $n^3 S_1 \bar{Q}Q \rightarrow 3\gamma ,$ $n^1 S_0 \bar{Q}Q \rightarrow 2g ,$ $n^3 S_1 \bar{Q}Q \rightarrow 3g .$ <p>Адронные ширины Ψ - и Y - мезонов и константа сильного взаимодействия α_s на масштабах их масс.</p> <p>E1 - и M1 – радиационные переходы в Ψ - и Y - системах.</p> <p>КХД и статус потенциальных моделей тяжелых мезонов.</p>
5	<p>КХД и жесткие процессы при высоких энергиях</p> <p>Глубоко неупругое рассеяние лептонов на нуклонах. Структурные функции.</p> <p>Партоны и партонные функции распределения.</p> <p>Рождение $\mu^+ \mu^-$ -- пар в протон--протонных столкновениях.</p>

6. Форма контроля: Экзамен.

**Аннотация учебной дисциплины
«Радиационные поправки и теория перенормировок»**

Направление подготовки: 011200.68 Физика

Профильная направленность: Теоретическая физика

Форма обучения: очная

Курс: 2

1. Дисциплина «Радиационные поправки и теория перенормировок» является обязательной дисциплиной вариативной части профессионального цикла.

2. Целью освоения дисциплины «Радиационные поправки и теория перенормировок» является освоение методов нахождения вкладов высших порядков теории возмущений в вероятности, сечения и другие измеряемые на опыте величины при изучении релятивистской квантовой теории поля.

3. В результате освоения дисциплины обучающийся должен:

Знать:

- о пределах применимости КЭД;
- оптическую теорему;
- функцию Грина электрона и фотона;
- тождество Уорда.

Уметь:

- исследовать на расходимость произвольную диаграмму n -го порядка;
- проводить перенормировку волновой функции электрона и фотона;
- проводить перенормировку заряда и массы электрона;
- вычислять вершинную функцию;

Владеть:

- навыками вычисления интегралов по инвариантному объему в n -мерном импульсном пространстве;
- проверки калибровочной инвариантности выражения.

4. Общая трудоемкость дисциплины составляет 5 зачетных единиц, 180 часов.

5. Содержание дисциплины:

№ п/п	Раздел дисциплины
1	Введение.
1.1	Иллюстрация трудностей с расходимостями в КЭД на примере электронной собственно энергетической диаграммы второго порядка. Введение граничного импульса. Экспериментальные поиски пределов применения КЭД.
1.2	Элемент телесного угла и полный телесный угол в n -мерном евклидовом пространстве. Ска-лярный, векторный и тензорный интегралы в n -мерном импульсном пространстве.
2	Функция Грина.
2.1	Условие унитарности S - оператора эволюции. Оптическая теорема.
2.2	Функция Грина электрона и фотона. Уравнения Дайсона.
3	Электронная собственно энергетическая диаграмма

3.1	Перенормировка массы, волновой функции и заряда электрона. Контрчлены.
4	Электронная собственно энергетическая диаграмма.
4.1	Перенормировка заряда. Тождество Уорда. Сокращение перенормировок заряда, происходящих от электронной собственно энергетической диаграммы и вершинной диаграммы.
5	Фотонная собственно энергетическая диаграмма.
5.1	Перенормировка волновой функции фотона. Калибровочная инвариантность.
6	Радиационные поправки к закону Кулона.
6.1	Модификация закона Кулона.
7	Аномальный магнитный момент электрона.
7.1	Формфакторы электрона в однопетлевом приближении.
7.2	Амплитуда рассеяния электрона во внешнем постоянном магнитном поле.
7.3	Аномальный магнитный момент электрона в нерелятивистском случае.

6. Форма контроля: Экзамен.

**Аннотация учебной дисциплины
«Интегральные преобразования»**

Направление подготовки: 011200.68 Физика

Профильная направленность: Теоретическая физика

Форма обучения: очная

Курс: 1

1. Дисциплина «Интегральные преобразования» является факультативной дисциплиной.

2. Целью освоения дисциплины «Интегральные преобразования» является приобретение знаний и умений для решения задач теоретической физики с использованием интегральных преобразований.

3. В результате освоения дисциплины обучающийся должен:

Знать:

- основные типы интегральных преобразований;

Уметь:

- находить изображения и оригиналы заданных функций;
- вычислять интегралы и ряды с помощью интегральных преобразований;

Владеть:

- навыками решения дифференциальных и интегральных уравнений с помощью преобразований Фурье и Лапласа.

4. Общая трудоемкость дисциплины составляет 2 зачетные единицы, 72 часов.

5. Содержание дисциплины:

№ п/п	Раздел дисциплины
1	Общие сведения об интегральных преобразованиях.
1.1	Введение. Общая характеристика интегральных преобразований.
1.2	Преобразование Фурье.
1.3	Преобразование Лапласа.
1.4	Преобразование Меллина. Другие типы интегральных преобразований.
1.5	Интегральные преобразования в компьютерной системе Mathematica.
2	Применения интегральных преобразований.
2.1	Решение задач, приводящих к обыкновенным дифференциальным уравнениям с помощью интегральных преобразований.
2.2	Решение задач математической физики с помощью преобразований Фурье и Лапласа.
2.3	Решение интегральных уравнений с помощью преобразования Лапласа.
2.4	Вычисление интегралов с помощью преобразований Фурье, Лапласа и Меллина.
2.5	Суммирование рядов.

6. **Форма контроля:** Зачет.

**Аннотация учебной дисциплины
«Проблемы самоорганизации наноструктур»**

Направление подготовки: 011200.68 Физика

Профильная направленность: Релятивистская астрофизика

Форма обучения: очная

Курс: 1, 2.

1. Дисциплина «Проблемы самоорганизации наноструктур» является факультативной дисциплиной.

2. Целью освоения дисциплины «Проблемы самоорганизации наноструктур» является приобретение студентами знаний и умений теоретического и экспериментального описания самоорганизующихся систем на различных масштабах с помощью аппарата современной теории синергетики с привлечением понятий фрактальных размерностей, масштабной инвариантности, нелинейных гамильтоновых систем, самосборки и самоорганизации наносистем.

3. В результате освоения дисциплины обучающийся должен:

Знать:

- общие уравнения, описывающие фундаментальные закономерности синергетических явлений в конденсированных средах;

- экспериментальные и теоретические закономерности самоорганизационных процессов, протекающих в конденсированных, жидких и газообразных средах и наноструктурах, которые наблюдаются на эксперименте и используются в современных нанотехнологиях;

Уметь:

- формулировать задачу описания явлений самоорганизации с использованием дифференциальных уравнений и общих положений механики, электродинамики сплошных сред, квантовой физики и химии с постановкой граничных условий;

Владеть:

- навыками решения задач для описания процессов самоорганизации в конденсированных, жидких и газообразных средах и наноструктурах, в том числе в системах пониженной размерности.

4. Общая трудоемкость дисциплины составляет 2 зачетные единицы, 72 часов.

5. Содержание дисциплины:

№ п/п	Раздел дисциплины
1	Введение.
1.1	Основные типы активных сред. Обзор экспериментальных данных
1.2	Волны переключения и заселения в простых бистабильных средах.
2	Волны и структуры в активных средах
2.1	Общие свойства структур в простых бистабильных средах.
2.2	Бегущие импульсы в возбудимых средах
2.3	Процессы в возбудимых средах, образованных клеточными автоматами
3	Спиральные волны.
3.1	Спиральные волны в распределенных возбудимых средах.

3.2	Кинематика автоволновых фронтов в возбудимых средах.
4	Резонансные явления.
4.1	Резонанс и дрейф спиральных волн.
4.2	Автоволновые структуры в трехмерных возбудимых средах.
5	Осциллирующие среды.
5.1	Фазовая динамика в осциллирующих активных средах. Фазовые волны и пейсмекеры.
6	Спиральные волны.
6.1	Спиральные волны в автоколебательных активных средах. Стационарные диссипативные структуры.
7	Динамический хаос
7.1	Гамильтоновы системы. Эргодичность и перемешивание.
7.2	Диссипативные динамические системы и их аттракторы. Критерии динамического хаоса.
7.3	Фрактальные структуры и размерность странных аттракторов. Точечные отображения.
7.4	Универсальность Фейгенбаума. Типичные сценарии перехода к хаосу. Пространственно-временной хаос.

6. Форма контроля: Зачеты.

**Аннотация учебной дисциплины
«Избранные вопросы релятивистской астрофизики и космологии»**

Направление подготовки: 011200.68 Физика

Профильная направленность: Теоретическая физика

Форма обучения: очная

Курс: 2

1. Дисциплина «Избранные вопросы релятивистской астрофизики и космологии» является факультативной дисциплиной.

2. Дисциплина «Избранные вопросы релятивистской астрофизики и космологии» дает студентам дополнительные знания и умения в области релятивистской астрофизики и современной космологии.

3. В результате освоения дисциплины обучающийся должен:

Знать:

- элементы эволюции звезд в зависимости от их начальной массы;
- реакции термоядерного горения в центре звезды,
- основные следствия общей теории относительности;
- Фридмановскую модель Вселенной.

Уметь:

- оценивать время жизни Вселенной;
- оценивать эффективную температуру излучения звезды;
- оценивать температуру и давление в центре звезды;
- оценивать время термоядерного горения в центре звезды;
- оценивать время нейтринного излучения сверхновой с коллапсом центральной части.

Владеть:

- навыками работы математическим аппаратом статистической физики в приложении к космологии;
- навыками расчета квантовых процессов.

4. Общая трудоемкость дисциплины составляет 2 зачетные единицы, 72 часов.

5. Содержание дисциплины:

№ п/п	Раздел дисциплины
1	Ядерные реакции в звездах
	Типичные температуры в центре звезд Главной последовательности. Особенности термоядерной реакции горения водорода. Протон-протонный цикл Ганса Бете. Оценка интенсивности нейтринного излучения Солнца. Углеродно-кислородный цикл Ганса Бете в звездах Главной последовательности. Элементы нейтринной астрономии. Процессы излучения солнечных нейтрино. Методы детектирования нейтрино и чувствительность к потоку солнечных нейтрино.
2	Элементы эволюции звезд
	Оценка гравитационной, тепловой, вращательной и магнитной энергии звезд. Элементы эволюции звезд. Сверхновые. Белые карлики. Нейтронные звезды. Гравитационный радиус. Черные дыры. Взрыв сверхновой с коллапсом центральной части. Оценка энергии, времен излучения и светимости нейтрино при

	взрыве сверхновой. Основные нейтринные процессы в Сверхновых. Чувствительность нейтринных установок к потоку нейтрино от сверхновых.
3	Элементы современной космологии
	Модель Фридмана с космологической постоянной. Космологические параметры. Эволюция расширения Вселенной. Критическая плотность. Ограничения на космологические параметры из анизотропии реликтового излучения фотонов и данных по сверхновым типа Ia.

6. Форма контроля: Зачет.