

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Ястребов Олег Александрович  
Должность: Ректор  
Дата подписания: 16.05.2024 12:06:12  
Уникальный программный ключ:  
ca953a0120d891083f939673078ef1a989dae18a

**Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования  
«Российский университет дружбы народов имени Патриса Лумумбы»**

## **АННОТАЦИИ ДИСЦИПЛИН (МОДУЛЕЙ) ОП ВО**

**Изучение дисциплин ведется в рамках освоения основной профессиональной образовательной программы высшего образования (ОП ВО)**

**«Фундаментальная и прикладная физика»**  
\_\_\_\_\_  
(наименование (профиль/специализация) ОП ВО)

**реализуемой по направлению подготовки/специальности:**

**03.04.02 «Физика»**  
\_\_\_\_\_  
(код и наименование направления подготовки/специальности)

**2024 г.**

Дисциплины (модули) изучаются в рамках освоения ОП ВО «Фундаментальная и прикладная физика»

по направлению 03.04.02 «Физика»

<b>Наименование дисциплины</b>	<b>Специальный физический практикум</b>
<b>Объем дисциплины, ЗЕ/ак.ч.</b>	<b>10 ЗЕ ( 360 час.)</b>
<b>Содержание дисциплины</b>	
<b>Название разделов (тем) дисциплины</b>	<b>Содержание разделов (тем) дисциплины:</b>
<b>Приборы, техника и методы физического эксперимента и диагностик.</b>	Активные и пассивные методы диагностики (зонды, энергетические анализаторы заряженных частиц); СВЧ диагностические методы (резонаторная, интерферометрия, спектральный состав излучения); Оптическая спектрометрия (модели равновесия, радиационные процессы в плазменных системах); Импедансная спектроскопия (измерения амплитудно-частотных и фазо-частотных характеристик образцов); ЭПР-спектрометрия (методы анализа, анализ фотобиологических процессов, определение величин и констант обменного взаимодействия ионов); Масс-спектрометрия (методы анализа, время-пролетные, квадрупольные и магнитные анализаторы); Рентгеновская спектрометрия (методы анализа, сплошной и линейчатый спектр)
<b>Модели и методы вычислительного эксперимента.</b>	Метод «водяного мешка»; Метод частиц в ячейке; Метод Монте-Карло.
<b>Системы и методы аналитических вычислений</b>	Системы и алгоритмы символьной (аналитической) математики (Системы символьной математики и языки программирования высокого уровня Maple, MatLab и MathCad, Simulink); Методы решения обыкновенных дифференциальных уравнений, интегральных уравнений

<b>Наименование дисциплины</b>	<b>Иностранный язык в профессиональной деятельности</b>
<b>Объем дисциплины, ЗЕ/ак.ч.</b>	<b>6 ЗЕ ( 216 час.)</b>
<b>Содержание дисциплины</b>	
<b>Название разделов (тем) дисциплины</b>	<b>Содержание разделов (тем) дисциплины:</b>

<p><b>Грамматика</b></p>	<p>Основные грамматические способы построения английского языка: affixation, word order. Грамматические категории: tense-forms of a verb, passive and active voice, finite and non-finite forms of a verb, modal verbs, conditionals (0, 1, 2 and 3), comparison. Части речи: nouns, pronouns, adjectives, adverbs, determiners, prepositions. Предложение: simple, compound, complex sentences.</p>
<p><b>Стилистика английского языка</b></p>	<p>Выразительные средства английского языка. Стилистические приёмы. Функциональные стили</p>
<p><b>Теория и практика информационной обработки текста</b></p>	<p>Совершенствование навыков определения структуры и основной идеи оригинала. Совершенствование навыков определения коммуникативной направленности оригинала. Совершенствование навыков семантической компрессии оригинала для составления вторичного оригинала (реферата или аннотации). Совершенствование навыков операций с основными смысловыми блоками. Совершенствование навыков чёткого соблюдения алгоритма аннотирования и реферирования. Практика написания реферативной сводки на основе нескольких оригиналов, связанных между собой тематически. Совершенствование умений делать вывод, заключение на основе отреферированных оригиналов.</p>
<p><b>Практика ведения дискуссий в деловом общении</b></p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Developing a Delivery Style.</li> <li>2. Exchanging Opinions.</li> <li>3. Examine Ideas.</li> <li>4. Dealing with Facts.</li> <li>5. Using Visual Aids.</li> <li>6. Comparing.</li> <li>7. Persuading.</li> </ol>
<p><b>Теория и практика развития навыков письменной коммуникации</b></p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Punctuation.</li> <li>2. Introductions. Conclusions.</li> <li>3. Abbreviations.</li> <li>4. Background to Writing.</li> <li>5. Selecting Key Points.</li> </ol>

<p><b>Наименование дисциплины</b></p>	<p><b>Современные проблемы физики</b></p>
<p><b>Объём дисциплины, ЗЕ/ак.ч.</b></p>	<p><b>2 ЗЕ (72 час.)</b></p>
<p><b>Содержание дисциплины</b></p>	
<p><b>Название разделов (тем) дисциплины</b></p>	<p><b>Содержание разделов (тем) дисциплины:</b></p>

<p><b>Электронная теория проводимости. Теория сверхпроводимости</b></p>	<p>Классическая теория проводимости Друде и её недостатки. Теория вырожденного электронного газа Ферми. Теория квазичастиц Блоха. Рассеяние квазичастиц в кристалле. Поверхность Ферми. Энергетические зоны Бриллюэна. Металлы, полупроводники и диэлектрики: запрещенные зоны. Эффект Холла. Эффект Мейсснера. Теорема Ландау: сверхпроводник как идеальный диамагнетик. Уравнение Лондонов (1935). Теория Гинзбурга – Ландау. Сверхпроводники первого и второго родов. Вихри Абрикосова. Квантование магнитного потока в сверхпроводниках. Куперовские пары (теория Бардина – Купера – Шриффера – Боголюбова). Критическая температура, высокотемпературные сверхпроводники. Туннельные контакты сверхпроводников: эффекты Джозефсона. СКВИДы.</p>
<p><b>Теория сверхтекучести</b></p>	<p>Опыты П.Л. Капицы с жидким гелием (1938). Фазовая диаграмма состояний для He. Опыты Андроникашвили. Фонтанирование, температурный насос. Бозе – конденсация, теория сверхтекучести Ландау. Второй звук. Вихревые состояния в He II (опыты Вайнена).</p>
<p><b>Проблемы плазменной астрофизики</b></p>	<p>Звезды как плазменные образования. Магнитные поля звезд и галактик. Проблема динамо. Аккреция. Магнито-ротационная неустойчивость. Джеты. Космические лучи сверхвысоких энергий.</p>
<p><b>Квантовая теория магнетизма</b></p>	<p>Парамагнетизм и диамагнетизм. Закон Кюри и его объяснение по Ланжевену. Ферромагнетизм: закон Кюри – Вейсса. Теория ферромагнетизма Гейзенберга. Ферромагнитные домены. Спиновые волны в магнетиках в квазиклассическом приближении: уравнение Ландау – Лифшица. Магнитные подрешетки, антиферромагнетизм. Температура Нееля. Топологические солитоны намагниченности. Цилиндрические возбуждения Белавина – Полякова.</p>
<p><b>Экзотические состояния вещества</b></p>	<p>Жидкие кристаллы. Сегнетоэлектрики и сегнетомагнетики. Композитные материалы (ферроэлектрики, манганиты). Электродинамика материалов с отрицательным показателем преломления (левые среды). Мартенситы, память формы. Квазикристаллы. Фотонные кристаллы.</p>

<p><b>Наименование дисциплины</b></p>	<p><b>Физика нелинейных процессов</b></p>
<p><b>Объем дисциплины, ЗЕ/ак.ч.</b></p>	<p><b>4 ЗЕ ( 144 час.)</b></p>
<p><b>Содержание дисциплины</b></p>	
<p><b>Название разделов (тем) дисциплины</b></p>	<p><b>Содержание разделов (тем) дисциплины:</b></p>

<b>Введение</b>	Роль и место нелинейных эффектов. Линейные электромагнитные волны.
<b>Гидродинамические волны</b>	ГД- и МГД - волны. Нелинейность в гидродинамических моделях.
<b>Простые волны</b>	Простые нелинейные волны (опрокидывание, фазовое перемешивание).
<b>Иерархия понятий устойчивости</b>	Устойчивость спектральная, линейная, формальная, по Ляпунову.
<b>Теоремы Ляпунова</b>	1-ая и 2-ая теоремы Ляпунова.
<b>Спектральная теория</b>	Спектр колебаний, линеаризация МГД уравнений. Роль неоднородности.
<b>Солитоны Кортевега – де Вриза (КдВ)</b>	Дисперсия, уравнение КдВ. Свойства солитонов КдВ.
<b>Квазилинейная теория</b>	Квазилинейная теория.
<b>Ленгмюровский коллапс</b>	Ленгмюровский коллапс.
<b>Трехволновое взаимодействие</b>	Трехволновое взаимодействие.
<b>Резонансы</b>	Резонансы в слабонелинейных системах.
<b>Капиллярно-гравитационные волны</b>	Капиллярно-гравитационные волны.

**вве**

<b>Наименование дисциплины</b>	<b>Сильноточная релятивистская электроника</b>
<b>Объём дисциплины, ЗЕ/ак.ч.</b>	<b>4 ЗЕ ( 144 час.)</b>
<b>Содержание дисциплины</b>	
<b>Название разделов (тем) дисциплины</b>	<b>Содержание разделов (тем) дисциплины:</b>
<b>Введение в предмет</b>	Понятие «сильноточная релятивистская электроника». Коммутация больших токов. Сильноточные высоковольтные коммутаторы — разрядники.
<b>Источники высокого напряжения для сильноточных ускорителей электронов.</b>	Сильноточные ускорители электронов, их типы и параметры.
<b>Формирование импульсов напряжения сильноточных ускорителей электронов.</b>	Длинные линии. Одиночная и двойная формирующие линии. Коаксиальные линии.
<b>Генерация и транспортировка сильноточных релятивистских электронных пучков (РЭП).</b>	Взрывная эмиссия электронов. Взрывоэмиссионный катод. Предельный ток транспортировки аксиально-симметричного трубчатого РЭП в вакуумной трубе
<b>Генерация и транспортировка сильноточных РЭП (продолжение).</b>	Коаксиальный диод с магнитной изоляцией. Предельный ток вакуумного диода. Устойчивость тока транспортировки. Виртуальный катод. Диокотронная неустойчивость.
<b>Диагностика параметров РЭП</b>	Методы диагностики энергии электронов, полного тока, профиля плотности тока, питч-угла траекторий электронов

<b>Проблемы генерации РЭП микросекундной длительности со стабильными параметрами.</b>	Временная и пространственная динамика профиля плотности тока РЭП, причины. Пути стабилизации: многоострый катод, магнитная пробка, метод быстрой магнитной компрессии. Поперечно-лезвийный взрывоэмиссионный катод.
---	---

<b>Наименование дисциплины</b>	<b>Физические методы диагностики</b>
<b>Объем дисциплины, ЗЕ/ак.ч.</b>	<b>4 ЗЕ ( 144 час.)</b>

**Содержание дисциплины**

<b>Название разделов (тем) дисциплины</b>	<b>Содержание разделов (тем) дисциплины:</b>
<b>Зондовая диагностика.</b>	<p>Методы диагностики физических параметров. Одиночный электрический зонд. Элементарная теория электронной и ионной частей вольт-амперной характеристики зонда в отсутствие магнитного поля.</p> <p>Двойной электрический зонд. Конструкции электрических зондов. Схемы зондовых измерений. Эмитирующий электроны зонд.</p> <p>Определение температуры и концентрации электронной компоненты плазмы. Зондовые измерения в смесях газов и в электроотрицательных газах. Зондовые измерения параметров плазмы, находящейся в магнитном поле. Влияние направленных потоков заряженных частиц на результаты зондовых измерений.</p> <p>Измерение потенциала плазмы по плазменным шумам и с использованием термозонда. «Резонансный» зонд. Автоматизация зондовых измерений. Магнитный зонд: краткая теория, схемы, точность измерения параметров плазмы.</p>
<b>Микроволновая диагностика.</b>	<p>Проводимость и диэлектрическая проницаемость плазмы в высокочастотном поле. Влияние теплового движения электронов на ВЧ-свойства плазмы. Условие слабого воздействия ВЧ электрического поля на параметры плазмы.</p> <p>Электродинамические свойства плазмы, находящейся в магнитном поле. Оборудование, используемое для диагностики параметров плазмы микроволновыми полями. Свойства резонаторов содержащих плазменную среду. Резонаторная диагностика параметров плазмы.</p> <p>Распространение микроволн в плазменных волноводах. Волноводная диагностика параметров плазмы. Зондирование плазмы пучками микроволн.</p> <p>Распространение микроволн в плазме. Использование проходящих и отраженных волн для диагностики параметров плазмы. Отсечка волн как средство диагностики. Микроволновая интерферометрия.</p>
<b>Лазерная диагностика.</b>	<p>Методы исследования параметров различных сред с визуализацией поля. Интерферометрия с визуализацией поля. Теневое фотографирование. Интерферометрия с фотоэлектрической регистрацией. Типы интерферометров. Диагностика по повороту плоскости поляризации света.</p> <p>Методы диагностики по рассеянию света. Рассеяние электромагнитных волн в плазме. Спектр флуктуации плотности частиц в плазме</p>

<p><b>Корпускулярная диагностика.</b></p>	<p>(изотермическая и неизотермическая плазмы).          Нелинейные процессы. Техника эксперимента по исследованию рассеяния света в плазме.          Штарк эффект в постоянном и микроволновом полях. Допплеровское и другие механизмы уширения спектральных линий. Связь профиля спектральных линий с параметрами плазмы.          Определение электронной температуры по интенсивности спектральных линий. Тормозной и рекомбинационный континуумы. Диагностика параметров плазмы по непрерывному излучению.          Оптическая хронография плазмы.</p> <p>Методы исследования потоков энергии из плазмы. Измерения полных потоков частиц. Магнитные анализаторы потоков заряженных частиц. Электростатические анализаторы энергии ионов и электронов. Масс-анализ ионов плазмы. Анализ параметров потоков нейтральных частиц. Методы регистрации жесткого излучения из плазмы. Зондирование плазмы атомными пучками. Исследование электрических полей в плазме с помощью пучков заряженных частиц.          Электростатические анализаторы энергии ионов и электронов. Масс-анализ ионов плазмы. Анализ параметров потоков нейтральных частиц          Методы регистрации жесткого излучения из плазмы. Зондирование плазмы атомными пучками. Исследование электрических полей в плазме с помощью пучков заряженных частиц.</p>
---	---

<p><b>Наименование дисциплины</b></p>	<p><b>Физика газовых разрядов</b></p>
<p><b>Объем дисциплины, ЗЕ/ак.ч.</b></p>	<p><b>5 ЗЕ ( 180 час.)</b></p>
<p style="text-align: center;"><b>Содержание дисциплины</b></p>	
<p><b>Название разделов (тем) дисциплины</b></p>	<p><b>Содержание разделов (тем) дисциплины:</b></p>
<p><b>Введение. Самостоятельный разряд.</b></p>	<p>Пробой и зажигание самостоятельного разряда в постоянном, однородном электрическом поле. Изменение тока разряда во времени. Потенциал зажигания.</p>
<p><b>Тлеющий разряд.</b></p>	<p>Распределение параметров разряда по длине разрядного промежутка. ВАХ тлеющего разряда. Определение условий зажигания тлеющего разряда и его поддержания. Катодный слой и положительный столб тлеющего разряда. Переходные области, диффузионные процессы, контракция, стратифицирование и т.д.</p>
<p><b>Дуговой разряд</b></p>	<p>Дуговые разряды и основные процессы в них. Образование и динамика развития лавин.</p>
<p><b>Искровой разряд</b></p>	<p>Искровой разряд (лавина, стример), критерий возникновения. Молния</p>
<p><b>Коронный разряд.</b></p>	<p>Коронный разряд. Критерий зажигания. ВАХ коронного разряда. Коронный разряд в высоковольтных линиях передач.</p>

<b>Высокочастотный разряд</b>	Высокочастотный разряд ВЧ - емкостной разряд. Критерий зажигания. ВАХ - ВЧЕ разряда. Две формы 2ВЧЕ. ВЧ – индукционный разряд. Критерий зажигания. ВАХ разряда.
<b>Оптический разряд</b>	Оптический разряд. Критерий зажигания.
<b>СВЧ-разряд</b>	СВЧ - пробой, предельные $p_d$ для пробоя. Уравнение кинетики ионизации СВЧ-разряда. Функция распределения частиц по энергиям в СВЧ разряде. СВЧ-разряд в резонаторе.
<b>Общие свойства и принципы соответствия газовых разрядов</b>	Принципы подобия разрядов.
<b>Плазменные технологии. Заключение</b>	Плазменные технологии. Разряды в лазерах непрерывного действия. Газовые лазеры. Принцип генерации, основные процессы. Практическая реализация газовых лазеров - две модели.

<b>Наименование дисциплины</b>	<b>Математические методы в физике</b>
<b>Объём дисциплины, ЗЕ/ак.ч.</b>	<b>4 ЗЕ (144 час.)</b>
<b>Содержание дисциплины</b>	
<b>Название разделов (тем) дисциплины</b>	<b>Содержание разделов (тем) дисциплины:</b>
<b>Тензоры в трехмерном евклидовом пространстве</b>	Тензоры первого и второго рангов. Тензор второго ранга как аффинов. Определение тензора произвольного ранга. Закон преобразования компонент тензора произвольного ранга. Тензорная алгебра. Антисимметричные тензоры. Получение инвариантов с помощью антисимметричных тензоров. Симметричный аффинов. Разложение аффинора на симметричную и антисимметричную части.  Тензорные поля. Дифференцирование тензора поля.
<b>Линейные пространства</b>	Аксиомы линейного пространства. Взаимные базисы. Контравариантные и ковариантные векторы. Тензорное произведение линейных пространств. Базис в тензорном произведении. Координаты тензора.
<b>Аффинное пространство <math>n</math> измерений</b>	Точечно - векторная аксиоматика аффинного пространства. Аффинная координатная система. Преобразование аффинного репера. Общее понятие о тензоре. Задача тензорного исчисления. Основные операции тензорной алгебры: сложение тензоров, умножение тензоров, свёртывание тензора, операция подстановки индексов. Ориентация в $n$ -мерном аффинном пространстве.
<b>Евклидово пространство <math>n</math> измерений</b>	Понятие об евклидовом пространстве. Тензорная алгебра в евклидовом пространстве. Тензорная алгебра в евклидовом пространстве. Ортонормированный репер. Собственно евклидовы



	<p>пространства. Псевдоевклидовы пространства. Двумерное псевдоевклидово пространство. Вращение ортонормированного репера в псевдоевклидовой плоскости. Измерение площадей и углов на псевдоевклидовой плоскости. Трехмерное псевдоевклидово пространство индекса 1. <math>n</math>-мерное псевдоевклидово пространство индекса 1. Ортогональные и псевдо-ортогональные преобразования. Квазиаффинная и аффинная группы преобразований. Группа квазидвижений и группа движений в евклидовом пространстве. Измерение объемов в вещественном евклидовом пространстве. Понятие о геометрическом объекте. Линейные геометрические объекты в аффинном и евклидовом пространствах.</p>
<b>Дифференцируемые многообразия и тензоры</b>	<p>Определение многообразия. Тензоры на многообразии. Метрический тензор в векторном пространстве. Поле метрического тензора на многообразии. Касательное аффинное пространство.</p>
<b>Римановы пространства и пространства аффинной связности</b>	<p>Риманово пространство. Евклидово пространство <math>R_n</math> как частный случай риманова пространства. Неевклидовы пространства. Измерение объемов в римановом пространстве <math>V_n</math>. Пространство аффинной связности.</p>
<b>Аппарат абсолютного дифференцирования</b>	<p>Параллельный перенос вектора в пространстве аффинной связности. Абсолютный дифференциал и абсолютная производная. Абсолютное дифференцирование в римановом пространстве <math>V_n</math>. Кривые в римановом пространстве <math>V_n</math>. Геодезические в римановом пространстве <math>V_n</math>.</p>
<b>Тензор кривизны</b>	<p>Тензор кривизны, его свойства и геометрическим смысл. Кривизна риманова пространства в данной точке в данном двумерном направлении. Тензор кривизны в случае двумерного риманова пространства <math>V_2</math>. Пространство постоянной кривизны. Конформное соответствие римановых пространств.</p>

<b>Наименование дисциплины</b>	<b>Теория атомного ядра</b>
<b>Объем дисциплины, ЗЕ/ак.ч.</b>	<b>4 ЗЕ (144 час.)</b>
<b>Содержание дисциплины</b>	
<b>Название разделов (тем) дисциплины</b>	<b>Содержание разделов (тем) дисциплины:</b>
<b>Типы взаимодействий частиц и ядер</b>	<p>Элементарные и фундаментальные частицы. Общая характеристика 4 типов взаимодействия элементарных частиц: сильного, электромагнитного, слабого и гравитационного. Масштабы физических величин (энергий, расстояний) в ядерной физике и физике элементарных частиц. Стабильные</p>

	нестабильные ядра. Магические ядра. Изотопы и изомеры. Энергия связи ядер. Размеры и форма ядер. Методы их определения.
<b>Ядерные модели.</b> <b>Природа ядерных сил.</b> <b>Дейтрон</b>	Классификация ядерных моделей. Капельная модель ядра. Формула Вайцзеккера. Оболочечная модель ядра. Обобщенная модель ядра. Модель кварковых мешков для ядер. Короткодействие. Квантовые обменные виртуальные процессы. Пионная теория Юкавы. Включение других скалярных и векторных мезонов. Современный подход к объяснению механизма ядерного (сильного) взаимодействия. Глюоны и кварки. Дейтрон в приближении центральных сил. Дейтрон в приближении трехмерной мерной сферической ямы. Проблема дейтрона с учетом нецентрального характера ядерных сил.
<b>Ядерные реакции.</b> <b>Зарядовая симметрия сильных взаимодействий</b>	Основные понятия и определения. Общие свойства ядерных реакций. Упругие и неупругие ядерные реакции. Процессы деления и синтеза ядер. Прямые, резонансные и нерезонансные реакции. Реакции срыва, подхвата, захвата и др. Фотоядерные, электроядерные реакции и др. Законы сохранения в ядерных реакциях. Альфа - распад. Особенности альфа - распада. Прохождение частиц через потенциальный барьер (туннельный эффект). Бета - распад. Энергетический спектр электронов в процессе бета - распада. Методы определения массы нейтрино. Фермиевские и Гамов - Теллеровские переходы. Гамма - распад. Ядерная изомерия. Эффект Мёссбауэра. Измерение красного смещения.
<b>Уравнение Дирака.</b> <b>Поляризационная матрица плотности</b>	Метрика Паули и метрика Бьёркена в пространстве Минковского. Уравнение Дирака для фермионов в релятивистской квантовой механике. Различные представления (формы записи) уравнения Дирака. Свойства $\alpha$ -матриц Дирака и $\gamma$ -матриц фон Неймана. Спин как циркуляция потока энергии в поле волны электрона. Спиральность и киральность. Двухкомпонентная формулировка уравнения Дирака.
<b>Релятивистская теория квантовых переходов.</b> <b>Методы вычисления матричных элементов</b>	Релятивистская квантовая теория возмущений для частиц со спином. Общая формула для вероятности перехода поляризованного фермиона из начального состояния в конечное состояние в результате взаимодействия. $S$ -матрица. Диаграммы Фейнмана. Общие формулы для вероятностей распада поляризованных фермионов и сечений рассеяния поляризованных и неполяризованных фермионов на других частицах и ядрах. Физические и нефизические расходимости.
<b>Релятивистская теория рассеяния. Формула Мотта. Формула Розенблюта</b>	Релятивистская кинематика процессов рассеяния. Методы учета энергии и импульса отдачи частиц и ядер мишени. Лабораторная система, система центра масс и произвольная система отсчета. Формула для дифференциального и полного сечений рассеяния релятивистских фермионов на произвольном потенциале. Рассеяние неполяризованных релятивистских точечных электронов неподвижным кулоновским центром. Формула Мотта для сечения рассеяния. Предельный переход к нерелятивистскому случаю и получение формулы Резерфорда. Рассеяние релятивистских точечных электронов на протонах с учетом их структуры. Электрический и магнитный форм-факторы. Формула Розенблюта.
<b>Групповой подход к классификации частиц.</b>	Стабильные и нестабильные частицы. Резонансы. Первые попытки классификации элементарных частиц по их массам и спинам. Современный подход к классификации частиц, основанный на их взаимодействиях. Элементарные и фундаментальные частицы. Алгебра генераторов унитарных групп $SU(N)$ . Фундаментальные, сопряженные, приводимые и неприводимые представления групп $SU(N)$ . Схемы Юнга.

<b>Мультиплеты частиц в группах <math>SU(2)</math>, <math>SU(3)</math>, <math>SU(4)</math></b>	Мультиплеты нуклонов, скалярных и векторных мезонов, барионов и барионных резонансов. Массовые соотношения. Модель Ферми - Янга и модель Сакаты.
<b>Слабое взаимодействие. Теория Ферми. Правило отбора Ферми и Гамова - Теллера</b>	Попытки объяснения непрерывного энергетического спектра электронов, испускаемых в процессах $\beta^\mp$ - распада ядер. Различные интерпретации этого явления. Гипотеза Паули. Аналогия с электродинамикой. Гамильтониан слабого взаимодействия. Основы теории Ферми ( $V$ - вариант) $\beta^\mp$ - распада ядер.
<b>Несохранение <math>P</math>-четности. <math>V - \lambda A</math> взаимодействие. Дискретные симметрии</b>	Обобщение теории на случай суперпозиции $S, V, A, T, P$ - вариантов при сохранении $P$ - четности. Несохранение пространственной четности. Предсказания Ли и Янга и эксперимент Ву. Первые попытки объяснения несохранения $P$ -четности двухкомпонентностью безмассового нейтрино.
<b>Ток - токовая теория слабого взаимодействия. Физика нейтрино. Масса нейтрино и нейтринные осцилляции. Модель Вайнберга - Салама</b>	Обобщение на все частицы. Диагональные и недиагональные процессы. Угол Кабиббо. Универсальность константы слабого взаимодействия $G_F$ . Дираковские, Вейлевские и Майорановские нейтрино. Электронные, мюонные и таунные нейтрино. Лептонные числа. Различные законы их сохранения.  Проблема массы нейтрино. Способы ее экспериментального определения. Нейтринные осцилляции и их классификация. Теоретические следствия и сравнение с экспериментальными данными. Атмосферные, солнечные, галактические и космические нейтрино.

<b>Наименование дисциплины</b>	<b>Классическая и квантовая теория поля</b>
<b>Объём дисциплины, ЗЕ/ак.ч.</b>	<b>4 ЗЕ ( 144 час.)</b>
<b>Содержание дисциплины</b>	
<b>Название разделов (тем) дисциплины</b>	<b>Содержание разделов (тем) дисциплины:</b>
<b>Метод когерентных состояний в квантовой оптике</b>	Квантовая теория электромагнитного поля в поперечной калибровке. Гамильтониан электромагнитного поля с заданным внешним источником. Уравнения Янга – Фельдмана. Когерентные состояния для фотонов и их применение для решения уравнений Янга – Фельдмана в случае заданного источника (пуассоновское распределение чисел распределения фотонов). Формула Я.Б. Зельдовича для вакуумной амплитуды фотонов. Описание детектора фотонов и условие когерентности в оптике. Модель детектора Глаубера – Ареки. Структура матрицы плотности по Глауберу. Парциальная матрица плотности детектора в приближении непрерывного спектра Вайскопфа – Вигнера (теория затухания). Уравнение Гайтлера для времени жизни возбужденного атома и сдвига спектральных линий. Модель лазера по Глауберу. Формула Глаубера для скорости счета фотонов.
<b>Обобщенные когерентные состояния</b>	Групповая интерпретация когерентных состояний на примере группы Гейзенберга – Вейля. Условие полноты когерентных состояний как следствие леммы Шура. Обобщенные когерентные состояния (ОКС) для произвольной группы Ли. Геометрическая интерпретация ОКС на языке расслоений. Действие оператора представления на ОКС. Полнота ОКС.

	Максимальная стационарная подалгебра и условие близости ОКС к квазиклассическому состоянию (выбор младшего вектора в качестве вакуума). Метод орбит А. Кириллова и когерентные состояния.
<b>Спиновые когерентные состояния</b>	<p>Обобщенные когерентные состояния для группы <math>SU(2)</math>. Реализация неприводимых представлений группы <math>SU(2)</math> на пространстве полиномов. Выбор вакуумного вектора и нормировка спиновых когерентных состояний для произвольного веса. Вычисление средних по когерентному состоянию для основных спиновых операторов.</p> <p>Применение спиновых когерентных состояний для описания локализованных возбуждений в ферромагнетиках. Гамильтониан модели Гейзенберга и его усреднение по спиновому когерентному состоянию в приближении слабой анизотропии. Непрерывный предел и уравнение Ландау – Лифшица. Доменные стенки Блоха – Нееля. Двухмерные магнитные вихри Белавина – Полякова и топологический заряд. Учет спинового обмена четвертого порядка в модели изотропного ферромагнетика Гейзенберга – Тябликова. Топологические возбуждения в трехмерном магнетике негейзенберговского типа (модель Фаддеева - Энца). Оценка энергии возбуждения через индекс Хопфа.</p>

<b>Наименование дисциплины</b>	<b>Введение в классическую и квантовую теорию поля</b>
<b>Объём дисциплины, ЗЕ/ак.ч.</b>	<b>4 ЗЕ ( 144 час.)</b>
<b>Содержание дисциплины</b>	
<b>Название разделов (тем) дисциплины</b>	<b>Содержание разделов (тем) дисциплины:</b>
<b>Основные представления о когерентных состояниях</b>	<p>Необходимость применения специальных методов в квантовой теории распределенных систем в связи с неприменимостью теории возмущений (отсутствием малых параметров). Иллюстрация указанной ситуации на примерах: локализованные возбуждения в средах, световые пучки (лазеры), солитоны в квантовой хромодинамике (низкоэнергетическое приближение). Квазиклассическое приближение и <math>1/N</math>-разложение как способы введения когерентных состояний, рассматриваемых как эффективное приближение при описании квантовых протяженных объектов. Когерентные состояния и вейвлет-анализ.</p>
<b>Когерентные состояния в нерелятивистской квантовой механике</b>	<p>Гауссовские волновые пакеты Шредингера как состояния, минимизирующие произведение неопределенностей координат и импульсов. Когерентные состояния как собственные функции оператора уничтожения. Унитарный оператор смещения Вейля. Голоморфное представление Баргмана – Сигала – Фока. Полнота когерентных состояний. Переход от <math>n</math>-представления к <math>z</math>-представлению. Нормально-порождающие операторы в голоморфном представлении и их применение для решения операторных</p>

	уравнений. Когерентные состояния для случая многих степеней свободы.
--	--

<b>Наименование дисциплины</b>	<b>Теория элементарных частиц и кварков</b>
<b>Объём дисциплины, ЗЕ/ак.ч.</b>	<b>5 ЗЕ (180 час.)</b>
<b>Содержание дисциплины</b>	
<b>Название разделов (тем) дисциплины</b>	<b>Содержание разделов (тем) дисциплины:</b>
<b>Введение в курс. Простейшие квантовые модели структуры атомных ядер</b>	Первые представления о структуре частиц. Составные модели. Опыты Резерфорда. Планетарная модель атома. Модель Иваненко -Гейзенберга для атомных ядер, состоящих из нейтронов и протонов. Описание структуры ядер в рамках нерелятивистской квантовой механики. Ядерные форм-факторы. Структура ядер <i>1p</i> -оболочки. Релятивистская теория рассеяния электронов на ядрах <i>1p</i> -оболочки и экспериментальное определение распределения ядерной материи.
<b>Феноменологическое описание структуры элементарных частиц</b>	Высокоэнергетическое рассеяние электронов на точечных протонах. Формула Мотта. Протон как протяженная частица. Дираковский и Паулевский форм-факторы. Их связь с плотностью распределения электрического заряда и магнитного момента. Формула Розенблюта. Опыты Хофштадтера по экспериментальному определению структуры протона. Электрический и магнитный форм-факторы протона и нейтрона. Их физический смысл и экспериментальное определение. Описание структуры мезонов и гиперонов.
<b>Нелинейные модели теории полей и частиц. Составные модели частиц</b>	Описание характеристик частиц в рамках нелинейных теорий. Частицеподобные решения нелинейных уравнений как образы протяженных частиц. Достигнутые результаты в описании свойств частиц и полей, трудности нелинейных теорий. Модели Ферми - Янга и Окуня - Сакаты. Атомные модели Голдхабера и Фриша. Описание внутренней структуры частиц с помощью нового уравнения Дирака (1971). Кварковые модели. Унитарные симметрии. Симметрия $SU(3)$ . Введение спина. Симметрия $SU(6)$ . Массовые соотношения. Глубоко-неупругое электрон - протонное рассеяние. Скейлинг и его нарушение. Партоновая модель. Кварки в роли партонов. Цветные кварки. Великое объединение.

<b>Наименование дисциплины</b>	<b>Физика лазеров</b>
<b>Объём дисциплины, ЗЕ/ак.ч.</b>	<b>4 ЗЕ (144 час.)</b>
<b>Содержание дисциплины</b>	
<b>Название разделов (тем) дисциплины</b>	<b>Содержание разделов (тем) дисциплины:</b>

Диэлектрические оптические волноводы.	Планарный диэлектрический волновод. Направляемые волны. Дисперсионное уравнение планарного волновода.
Нелинейно-оптические эффекты в волоконных световодах, элементы и устройства с их использованием	Эффекты комбинационного и вынужденного комбинационного рассеяния в волоконных световодах. ВКР лазеры и усилители, основные схемы и области применения.
Лазеры	Лазеры: твердотельные с оптической накачкой, газовые, полупроводниковые. Свойства лазерного излучения.

<b>Наименование дисциплины</b>	<b>Вычислительный эксперимент в физике сложных систем</b>
<b>Объем дисциплины, ЗЕ/ак.ч.</b>	<b>8 ЗЕ ( 288 час.)</b>
<b>Содержание дисциплины</b>	
<b>Название разделов (тем) дисциплины</b>	<b>Содержание разделов (тем) дисциплины:</b>
<b>Математическое моделирование и вычислительный эксперимент</b>	Становление понятия вычислительного эксперимента в ходе развития измерительно-вычислительных комплексов. Развитие вычислительного эксперимента в физике сложных систем. Выбор физической модели. Построение математической модели. Разработка вычислительного алгоритма. Разработка прикладного программного обеспечения. Проведение вычислительного эксперимента. Анализ результатов численных экспериментов, сопоставление с результатами натуральных экспериментов.
<b>Методы моделирования одномерных систем</b>	Кинетическое описание коллективных явлений в бесстолкновительной плазме. Уравнение Власова. Решение кинетических уравнений методом преобразований. Численное решение уравнения Власова. Метод «водяного мешка». Метод частиц для одномерных электростатических процессов в плазме. Общая схема метода частиц. Формирование начального распределения частиц. Алгоритм одномерного моделирования методом частиц в ячейке. Примеры моделирования одномерных плазменных систем. Одномерная электромагнитная модель плазмы. Численное решение уравнений движения частиц в электромагнитном поле. Коллективное ускорение ионов релятивистского плазменного сгустка.
<b>Методы моделирования двумерных и трехмерных систем</b>	Метод частиц в ячейке для двумерных и трехмерных электростатических процессов. Этапы разработки сложных программ. Общая схема метода частиц в ячейке для двумерных и трехмерных электростатических моделей. Примеры моделирования трехмерных плазменных систем.

<b>Исследование параметров плазменных систем и ускорителей заряженных частиц посредством вычислительного эксперимента</b>	Постановка вычислительного эксперимента. Проведение вычислительного эксперимента «Удержание и нагрев плазмы в открытых магнитных ловушках в условиях резонансов и авторезонансов». Общая схема эксперимента. Диагностики в вычислительном эксперименте.
<b>Модели генерации многозарядных ионов в ЭЦР источниках</b>	Элементарные процессы, протекающие в ЭЦР плазме. Время жизни ионов. Численные модели генерации МЗИ. Расчет зарядового состояния МЗИ в ЭЦР плазме.
<b>Высокопроизводительные методы вычислений.</b>	Параллельные вычисления в моделировании плазменных процессов методом частиц в ячейке.
<b>Методы визуализации моделируемых процессов.</b>	Визуализация движения заряженных частиц в электрических и магнитных полях различных пространственных и временных конфигураций.

<b>Course Title</b>	<b>Computational experiment in the physics of complex systems</b>
<b>Course Workload, Credits and Academic Hours</b>	<b>8 Credits (288 Academic Hours)</b>
<b>Course Contents</b>	
<b>Course Module Title</b>	<b>Brief Description of the Module Content</b>
<b>Mathematical modeling and computational experiment</b>	Formation of the concept of a computational experiment in the course of development of measuring and computing systems. Development of a computational experiment in the physics of complex systems. Choice of a physical model. Construction of a mathematical model. Development of a computational algorithm. Application software development. Conducting a computational experiment. Analysis of the results of numerical experiments, comparison with the results of full-scale experiments.
<b>Methods for modeling one-dimensional systems</b>	Kinetic description of collective phenomena in a collisionless plasma. Vlasov equation. Solution of kinetic equations by the method of transformations. Numerical solution of the Vlasov equation. “Water bag” method. The particles method for one-dimensional electrostatic processes in plasma. General scheme of the particles method. Formation of the initial distribution of particles. Algorithm for one-dimensional modeling by the particles in a cell method. Examples of modeling one-dimensional plasma systems. One-dimensional electromagnetic model of plasma. Numerical solution of the equations of motion of particles in an electromagnetic field. Collective acceleration of ions in a relativistic plasma bunch.
<b>Methods for modeling two-dimensional and three-dimensional systems</b>	The particles in a cell method for two-dimensional and three-dimensional electrostatic processes. Stages of development of complex programs. General scheme of the particles in a cell method for two-dimensional and three-dimensional electrostatic models. Examples of modeling three-dimensional plasma systems.

<p><b>Investigation of the parameters of plasma systems and charged particle accelerators by means of a computational experiment</b></p>	<p>Setting up a computational experiment. Conducting a computational experiment “Containment and heating of plasma in open magnetic traps under conditions of resonances and autoresonances”. General layout of the experiment.</p>
<p><b>Models for the generation of multiply charged ions in ECR sources</b></p>	<p>Diagnostics in computational experiment. Elementary processes occurring in ECR plasma. Ion lifetime. Numerical models of multiply charged ions (MCI) generation.</p>
<p><b>High-performance computing methods</b></p>	<p>Calculation of the charge state of MCI in ECR plasma. Parallel computing in the simulation of plasma processes by the particles in a cell method.</p>
<p><b>Methods for visualization of simulated processes</b></p>	<p>Visualization of motion of charged particles in electric and magnetic fields of various spatial and temporal configurations.</p>

**РУКОВОДИТЕЛЬ ОП ВО:**

**Профессор ИФИТ**

**Лоза О.Т.**

---

Должность, БУП

---

Фамилия И.О.