

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Ястребов Олег Александрович  
Должность: Ректор  
Дата подписания: 31.05.2024 15:36:33  
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)**

Гравитация, космология и релятивистская астрофизика.

Реализуется на английском языке

---

(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 «Гравитация, космология и релятивистская астрофизика»  
 по направлению 03.04.02 ФИЗИКА

<b>Наименование дисциплины</b>	Алгебра и геометрия пространства-времени
<b>Объём дисциплины, ЗЕ/ак.ч.</b>	2/72
<b>СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ</b>	
<b>Разделы</b>	<b>Темы</b>
Раздел 1. Геометрические методы ОТО	Поле локальных тетрад. Группа спинорных преобразований. Понятие твистора. Метрики типа Керра–Шилда.
Раздел 2. Исключительные алгебраические структуры и физическая геометрия	Теоремы Фробениуса и Гурвица. Алгебра кватернионов. Связь бикватернионов и твисторов.
Раздел 3. Кватернионный анализ и уравнения релятивистских полей	Функции бикватернионного переменного как физического поля. Уравнение комплексного эйконала (УКЭ). Твисторная структура и общее решение УКЭ.
Раздел 4. Основы бикватернионной алгебродинамики	Алгебродинамика и геометродинамика. Частицы как сингулярности бикватернионного поля. Квантование электрического заряда и струноподобные структуры частиц.
Раздел 5. Комплексное расширение пространства-времени и комплексная алгебродинамика	Бикватернионы и комплексное расширение пространства Минковского. Представление Ньюмена. Ансамбль дубликонов. Комплексное время и квантовая неопределённость. Геометрическая фаза и явление интерференции.
Раздел 6. Концепция единой мировой линии и полиномиальная динамика	Представление Штукельберга и гипотеза Уилера—Фейнмана. Нерелятивистская полиномиальная динамика. Формулы Виета и законы сохранения.
Раздел 7. Последовательности отображений и частицеподобные структуры	Фракталы. Фрактальная структура последовательностей отображений. Неподвижные точки и циклы. Геометрия комплексной плоскости и индуцированная геометрия Минковского.

Дисциплины (модули) изучаются в рамках освоения  
 ОП ВО «Гравитация, космология и релятивистская астрофизика»  
 по направлению 03.04.02 ФИЗИКА

<b>Наименование дисциплины</b>	Релятивистская астрофизика и космология
<b>Объём дисциплины, ЗЕ/ак.ч.</b>	3/108
<b>СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ</b>	
<b>Разделы</b>	<b>Темы</b>
Раздел 1. Теория переноса излучения в атмосферах звезд	Перенос излучения в непрерывном и дискретном спектре. Методы Шварцшильда-Шустера и Эддингтона. Линии поглощения при когерентном рассеянии и локальном термодинамическом равновесии.
Раздел 2. Газовые туманности	Свечение газа туманностей. Излучение и поглощение в трехуровневой системе. Ионизация газа туманностей. Возбуждение атомов туманностей.
Раздел 3. Фоновые излучения	Космическое фоновое электромагнитное излучение. Источники. Астрофизика космических лучей. Тепловое и нетепловое излучение. Синхротронный, обратный комптоновский механизмы.
Раздел 4. Конечные стадии эволюции звезд	Теоретическое и наблюдаемое распределение масс звезд на конечной стадии их эволюции. Равновесие вырожденного электронного газа белых карликов и вырожденного нейтронного газа нейтронных звезд. Пределы Чандрасекара и Оппенгеймера-Волкова. Условия образования черных дыр.
Раздел 5. Внегалактическая астрономия	Иерархия астрономических объектов: планеты, звезды, скопления звезд, галактики, группы галактик, скопления галактик, крупномасштабная структура. Темная материя и темная энергия, классификация галактик. Метагалактика.
Раздел 6. Гравитационные волны и гравитационные линзы.	Энергия гравитационного поля. Псевдотензор. Аналогия с электродинамикой. Формула Эйнштейна для интенсивности излучения гравитационных волн. Источники гравитационных волн. Гравитационные линзы.
Раздел 7. Космология	Однородные изотропные космологические модели. Метрики Фридмана и де Ситтера. Наблюдательная космология. Космологические сценарии. Физическая космология. Фантомная материя. Большой взрыв и большой разрыв. Анизотропные космологические модели. Уравнение Райчаудури. Проблема происхождения вращения в астрономии.

Дисциплины (модули) изучаются в рамках освоения  
 ОП ВО «Гравитация, космология и релятивистская астрофизика»  
 по направлению 03.04.02 ФИЗИКА

<b>Наименование дисциплины</b>	Физика чёрных дыр и кротовых нор
<b>Объём дисциплины, ЗЕ/ак.ч.</b>	2/72
<b>СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ</b>	
<b>Разделы</b>	<b>Темы</b>
Раздел 1. Основные положения ОТО и скалярно-тензорных теорий гравитации	Геометрия Минковского. Риманово пространство. Системы отсчёта. Кривизна. Действие для гравитационного поля. Материя и поля в метрических теориях гравитации.
Раздел 2. Симметрии пространства-времени. Сферически-симметричное пространство-время	Группы изометрий и векторы Киллинга. Однородные изотропные космологические модели. Решения Шварцшильда и Райсснера–Нордстрёма.
Раздел 3. Чёрные дыры в ОТО	Чёрная дыра Шварцшильда. Метрика Крускала и диаграммы Картера-Пенроуза. Термодинамика чёрных дыр
Раздел 4. Чёрные дыры в скалярно-тензорной и многомерной гравитации	Преобразование Вагонера. Теория Бранса—Дикке. Регулярные чёрные дыры.
Раздел 5. Кротовые норы	Кротовая нора как машина времени. Требования к виду материи для существования кротовых нор. Точные решения ОТО, описывающие кротовые норы. Астрофизические проявления кротовых нор

Дисциплины (модули) изучаются в рамках освоения  
 ОП ВО «Гравитация, космология и релятивистская астрофизика»  
 по направлению 03.04.02 ФИЗИКА

<b>Наименование дисциплины</b>	Классическая теория гравитации
<b>Объём дисциплины, ЗЕ/ак.ч.</b>	3/108
<b>СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ</b>	
<b>Разделы</b>	<b>Темы</b>
Раздел 1. Риманова геометрия и тензорный анализ	Понятие координаты. Ковариантные и контравариантные тензоры. Метрический тензор. Уравнения геодезических. Символы Кристоффеля. Ковариантная производная. Тензор кривизны.
Раздел 2. Уравнения гравитационного поля	История возникновения ОТО. Уравнения Эйнштейна. Уравнения Максвелла в искривленном пространстве-времени. Тензор энергии-импульса.
Раздел 3. Точные решения уравнений Эйнштейна	Решение Шварцшильда. Метрика Керра. Однородные изотропные модели. Метрика Фридмана. Метрика де Ситтера. Статический мир Эйнштейна.
Раздел 4. Классические эффекты общей теории относительности	Смещение перигелия Меркурия. Гравитационное отклонение луча света. Космологическое красное смещение.
Раздел 5. Системы отсчета в общей теории относительности	Понятие системы отсчета. Монадный метод. Хронометрические и кинематические инварианты. Монадный вид уравнений и их решений.
Раздел 6. Применение монадного метода в ОТО	Законы сохранения в ОТО. Псевдотензор энергии-импульса. Гравитационные волны. Лагранжев Ир гамильтонов формализмы в ОТО.
Раздел 7. Пятимерная теория гравитации и электромагнетизма	Монадный метод в 5-мерной геометрии. Пятимерная теория Калуцы. Теория Калуцы-Клейна. Эффекты скаляризма.

Дисциплины (модули) изучаются в рамках освоения  
 ОП ВО «Гравитация, космология и релятивистская астрофизика»  
 по направлению 03.04.02 ФИЗИКА

<b>Наименование дисциплины</b>	Компьютерные технологии в науке и образовании
<b>Объём дисциплины, ЗЕ/ак.ч.</b>	8/288
<b>СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ</b>	
<b>Разделы</b>	<b>Темы</b>
Раздел 1. Численно-аналитические пакеты	Пакеты Maple, Mathematica и MathLab. Принципы построения. Примеры программирования.
Раздел 2. Введение в WEB-дизайн	Программы для WEB-дизайна. Создание электронных учебников
Раздел 3. Текстовые процессоры	Программирование в TeX и LaTeX. Набор формул, таблиц и рисунков
Раздел 4. Организация сетевых протоколов	Модель уровневых протоколов. Интерфейсы физического уровня
Раздел 5. Стандарты множественного доступа	Обзор стандартов. Оценка пропускной способности сети Intrnet
Раздел 6. Организация межсетевого взаимодействия	Классовая система адресации. Бесклассовое распределение адресов
Раздел 7. Сети интегрального обслуживания	Компоненты и уровни ISDN
Раздел 8. Сети подвижной цифровой связи	Сети подвижной связи. Методы мультиплексирования систем в сотовой телефонии
Раздел 9. Компьютерное моделирование процессов и систем	Теория моделирования. Использование моделирования при исследовании информационных систем

Дисциплины (модули) изучаются в рамках освоения  
 ОП ВО «Гравитация, космология и релятивистская астрофизика»  
 по направлению 03.04.02 ФИЗИКА

<b>Наименование дисциплины</b>	Космическая электрогазодинамика
<b>Объём дисциплины, ЗЕ/ак.ч.</b>	2/72
<b>СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ</b>	
<b>Разделы</b>	<b>Темы</b>
Раздел 1. Космическая плазма	Электродинамика и газодинамика плазмы.
Раздел 2. Уравнения и эффекты магнитной гидродинамики	Исключение электрического поля из уравнения в плазме с бесконечной проводимостью. Вмороженность магнитного поля. Бессилое поле.
Раздел 3. Альфвеновские волны	Движение несжимаемой плазмы под действием внешнего магнитного поля. Скорость альфвеновских волн.
Раздел 4. Звуковые волны	Сжимаемая среда без магнитного поля.
Раздел 5. Магнитозвуковые волны	Сжимаемая среда с магнитным полем. Магнитный звук. Поперечные волны.
Раздел 6. Плазменные колебания	Колебания плазмы в электрическом поле. Плазменная частота. Коэффициент преломления электромагнитных волн в ионосфере.
Раздел 7. Астрофизические приложения	Вспышки на Солнце. Аккреция на компактные астрофизические объекты. Взрывы сверхновых.

Дисциплины (модули) изучаются в рамках освоения  
 ОП ВО «Гравитация, космология и релятивистская астрофизика»  
 по направлению 03.04.02 ФИЗИКА

<b>Наименование дисциплины</b>	Введение в классическую теорию поля
<b>Объём дисциплины, ЗЕ/ак.ч.</b>	2/72
<b>СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ</b>	
<b>Разделы</b>	<b>Темы</b>
Раздел 1. Общее понятие физического поля. Фундаментальные релятивистские поля. Лагранжев подход в теории поля.	Общее понятие физического поля. Фундаментальные поля. Геометрические и “внешние” поля. Поля и взаимодействия. Роль поля в квантовой теории. Уравнения поля. Лагранжева теория поля. Вариационная процедура и уравнения Эйлера-Лагранжа.
Раздел 2. Инвариантность уравнений поля. Связь инвариантности и законов сохранения.	Координатные и внутренние симметрии. Теорема Нетер и (локальные) законы сохранения. Трансляционная инвариантность и тензор энергии-импульса. Вращательная инвариантность и закон сохранения момента импульса. Спиновый момент.
Раздел 3. Электромагнитное поле. Уравнения Максвелла и законы сохранения	Электромагнитное поле (ЭМП). Лагранжиан и его неоднозначность. Уравнения Максвелла. Калибровочная инвариантность поля. Тензор энергии-импульса. Энергия и импульс ЭМП. Момент импульса и спин. ЭМП в римановом пространстве-времени
Раздел 4. Спинорное поле и уравнения Дирака и Вейля.	Представления группы Лоренца. Спиноры. Лагранжиан спинорного поля и уравнения Дирака. Алгебра матриц Дирака. Дискретные симметрии уравнений поля. Уравнения Вейля для «поля нейтрино». Нарушение четности. Понятие о СРТ-теореме.
Раздел 5. Взаимодействующие поля. Нелинейность и взаимодействие	Нелинейность уравнений поля. Самодействие поля. Модель взаимодействующих скалярного и спинорного полей. Понятие о солитоноподобных решениях. Основные принципы нелинейной электродинамики.
Раздел 6. Калибровочные поля и калибровочно-инвариантное взаимодействие	Глобальные и локальные фазовые преобразования. Компенсирующие поля и локальная калибровочная инвариантность. Калибровочная группа. Лагранжиан взаимодействия электромагнитного поля со скалярным и спинорным.
Раздел 7. Неабелевы калибровочные преобразования. Поля Янга-Миллса.	Абелевы и неабелевы калибровочные поля. SU(2)-поля Янга-Миллса и их физический смысл. Лагранжиан, уравнения и симметрии полей Янга-Миллса. Самодуальность. Инстантоны. Поля Янга-Миллса в теории электрослабых взаимодействий и квантовой хромодинамике.



Дисциплины (модули) изучаются в рамках освоения  
 ОП ВО «Гравитация, космология и релятивистская астрофизика»  
 по направлению 03.04.02 ФИЗИКА

<b>Наименование дисциплины</b>	История и методология физики
<b>Объём дисциплины, ЗЕ/ак.ч.</b>	2/72
<b>СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ</b>	
<b>Разделы</b>	<b>Темы</b>
Раздел 1. Общий обзор развития физики	Основные периоды в развитии физики. Предыстория физики. Период становления физики как науки. Период классической физики. Современная физика
Раздел 2. История механики	Истоки механики. Открытие законов движения планет. Предшественники Ньютона. Эра Ньютона. Развитие механики после Ньютона. Проблемы механики сплошных сред. Современная классическая механика.
Раздел 3. История электромагнетизма	Открытие закона Кулона. Открытие законов постоянного электрического тока и законов электромагнетизма. Открытие уравнений Максвелла. Открытие «атомов электричества». Развитие электродинамики. Проблемы электродинамики.
Раздел 4. История оптики	Корпускулярная и волновая гипотезы света. Победа волновой теории света. Корпускулярно–волновой дуализм света. Поиски эфира. Создание теории относительности. Релятивистская механика. Рассеяние света. Нелинейная оптика. Проблемы оптики.
Раздел 5. История теплоты	Закон сохранения и превращения энергии. Молекулярно–кинетические представления. Создание термодинамики. Возникновение квантовых представлений. Развитие термодинамики. Проблема необратимости. Современная статистическая физика.
Раздел 6. История атома	Возникновение представлений об атоме. Модели атома. Атом Бора. Волны де Бройля. Волновая механика. Современные представления об атоме. Атомное ядро.
Раздел 7. Современная физическая картина мира	«Элементарные» частицы. Фундаментальные постоянные физики. Вселенная. Гравитация. Физическая картина мира.

Дисциплины (модули) изучаются в рамках освоения  
 ОП ВО «Гравитация, космология и релятивистская астрофизика»  
 по направлению 03.04.02 ФИЗИКА

<b>Наименование дисциплины</b>	Современные проблемы физики
<b>Объём дисциплины, ЗЕ/ак.ч.</b>	2/72
<b>СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ</b>	
<b>Разделы</b>	<b>Темы</b>
Раздел 1. Достижения в классической теории гравитации	Кротовые норы, варп-двигатель, труба Красникова, машина времени, многомерные модели, браны, гравитационные линзы, космологические модели с фантомной и экпиротической материей. Анизотропные космологические модели с вращением, сдвигом и ускорением.
Раздел 2. Достижения в квантовой теории гравитации	Петлевая квантовая гравитация. Теория суперструн. Квантовая космология. Квантовый гравитационный коллапс. Рождение Вселенной из вакуума. Рождение вселенной в лаборатории.
Раздел 3. Достижения в применении гиперкомплексных чисел в геометрии и физике	Кватернионная теория относительности. Космологические модели, построенные на основе финслеровой геометрии. Метрика Бервальда-Моора. Интерпретация анизотропии пространства в рамках финслеровой геометрии.
Раздел 4. Достижения в квантовой механике	Эксперимент Эйнштейна-Подольского-Розена. Квантовая нелокальность. Неравенства Белла. Квантовая телепортация. Многомировая интерпретация квантовой механики.

Дисциплины (модули) изучаются в рамках освоения  
 ОП ВО «Гравитация, космология и релятивистская астрофизика»  
 по направлению 03.04.02 ФИЗИКА

<b>Наименование дисциплины</b>	Многомерная гравитация
<b>Объём дисциплины, ЗЕ/ак.ч.</b>	3/108
<b>СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ</b>	
<b>Разделы</b>	<b>Темы</b>
Раздел 1. Элементы анализа в банаховых пространствах	Линейные и дифференцируемые отображения банаховых пространств. Производная Фреше.
Раздел 2. Гладкие многообразия.	Карта на множестве. Атлас. Гладкое многообразие. Примеры гладких многообразий. Произведение многообразий. Топология гладких многообразий.
Раздел 3. Гладкие отображения многообразий.	Морфизмы. Композиция гладких отображений. Понятие категории и функтора. Категория гладких многообразий. Примеры гладких многообразий.
Раздел 4. Касательные пространства и касательные отображения	Касательный вектор в точке. Касательное и кокасательное пространства. Базисы в касательном и кокасательном пространстве. Дифференциал функций.
Раздел 5. Элементы (псевдо-) римановой геометрии.	Метрика на линейном пространстве и гладком многообразии. Символы Кристоффеля-Шварца. Тензоры Римана и Риччи, скалярная кривизна. Ковариантная производная. Уравнения геодезических.
Раздел 6. Многомерная модель космологического типа с диагональной метрикой.	Лагранжево представление вакуумной модели с цепочкой одномерных пространств. Минисуперметрика. Казнеровское решение и его обобщение на случай двух риччи-плоских фактор-пространств. Уравнение Уилера–ДеВитта.
Раздел 7. Многомерное пространство де-Ситтера.	Уравнения Эйнштейна с космологической постоянной и их многомерное обобщение. N-мерное пространство де-Ситтера $dS_N$ . Метрика, описывающая расширение (N-1)-мерной сферы.
Раздел 8. Многомерная гравитационная модель с анизотропной жидкостью.	N+1-мерная гравитационная модель с однокомпонентной анизотропной жидкостью. Лагранжево представление уравнений Эйнштейна. Точные решения со степенным и экспоненциальным поведением масштабных факторов. Решения с ускоренным расширением 3D-пространства.
Раздел 9. Многомерная гравитационная модель с полем внешней формы.	Внешние формы на гладком многообразии. Многомерная гравитационная модель с полем внешней формы. Sp-бранные решения с цепочкой 1-мерных пространств.

Дисциплины (модули) изучаются в рамках освоения  
 ОП ВО «Гравитация, космология и релятивистская астрофизика»  
 по направлению 03.04.02 ФИЗИКА

<b>Наименование дисциплины</b>	Философские вопросы естествознания
<b>Объём дисциплины, ЗЕ/ак.ч.</b>	2/72
<b>СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ</b>	
<b>Разделы</b>	<b>Темы</b>
Раздел 1. Общие представления о стратегиях и методах научного познания природы	Принцип относительности результатов познания по отношению к средствам наблюдения. Классический и неклассический подходы к оценке роли исследователя в познании природы.
Раздел 2. Взаимоотношения объекта и его окружения	Фейнмановский подход к описанию природы – объект и «остаток Вселенной». Роль окружения в формировании состояния объекта. Контролируемые и стохастические воздействия. Регулярные и случайные характеристики объекта. Проблема измерений в классической и неклассической физике.
Раздел 3. Классическая физика - основные представления и модели	Фундаментальные модели классической физики – корпускула и континуум. Физические величины – наблюдаемые. Особенности фундаментальных характеристик. Инвариантность и сохранение.
Раздел 4. Когерентная и некогерентная суперпозиция в классической физике	Общая идея когерентности. Суперпозиция базисных и небазисных классических состояний. Аддитивная суперпозиция и интерференция. Роль когерентности в механике и электродинамике. Когерентность в модельных и реальных процессах. Время когерентности.
Раздел 5. Релятивистские представления как основа интеграции классических теорий физики	Событие и процесс. Проблема синхронизации часов как фундаментальная проблема пространственно-временного описания событий. Мир событий. Четырёхмерные скаляры и векторы. Релятивистская энергия и импульс.
Раздел 6. Основные представления и модели неклассической физики	Фейнмановский подход к описанию природы в неклассической интерпретации. Стохастичность и флуктуации. Плотность вероятности и функции распределения. Фундаментальные модели неклассической физики – макро- и микросостояние. Неклассические представления в других естественных науках.
Раздел 7. Микросостояния в субатомном мире и фундаментальные взаимодействия	Особенности микросостояний в субатомном мире. Внутренние квантовые числа как характеристики микросостояний. Частицы и античастицы. Физический вакуум. Фундаментальные взаимодействия. Калибровочная инвариантность. Стандартная модель элементарных частиц.

Дисциплины (модули) изучаются в рамках освоения  
 ОП ВО «Гравитация, космология и релятивистская астрофизика»  
 по направлению 03.04.02 ФИЗИКА

<b>Наименование дисциплины</b>	Квантовая гравитация
<b>Объём дисциплины, ЗЕ/ак.ч.</b>	3/108
<b>СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ</b>	
<b>Разделы</b>	<b>Темы</b>
Раздел 1. Классификация схем квантования гравитации	Куб Зельманова. Квантовая механика и квантовая теория поля в искривленном пространстве-времени. Пертурбативные и непертурбативные теории.
Раздел 2. Квантовая механика заряда в гравитационном поле	Уравнение Шредингера в искривленном пространстве-времени. Сила ДеВитта. Гравитом. Волновые функции и энергетический спектр.
Раздел 3. Электромагнитное и гравитационное излучение гравитомов	Электрическое дипольное и квадрупольное излучение и гравитационное излучение атома водорода и гравитома. Характерные размеры системы и характерные частоты излучения. Силы осциллятора. Интенсивности излучения.
Раздел 4. Квантовая геометродинамика	Уравнение Переса. Суперпространство. Уравнение Уилера-ДеВитта. Гамильтонова связь.
Раздел 5. Квантовая космология	Квантование уравнения Фридмана. Рождение Вселенной как туннелирование. Квантовый гравитационный коллапс. Квантование анизотропных космологических моделей.
Раздел 6. Квантовая теория поля в искривленном пространстве-времени	Эффект Казимира. Эффективная температура вакуума. Эффект Хокинга. Испарение черных дыр. Эффект Унру. Горизонт Риндлера. Рождение частиц. Преобразования Боголюбова. Рождение частиц во фридмановских моделях.

Дисциплины (модули) изучаются в рамках освоения  
 ОП ВО «Гравитация, космология и релятивистская астрофизика»  
 по направлению 03.04.02 ФИЗИКА

<b>Наименование дисциплины</b>	Физика дальнего действия
<b>Объём дисциплины, ЗЕ/ак.ч.</b>	2/72
<b>СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ</b>	
<b>Разделы</b>	<b>Темы</b>
Раздел 1. Реляционное миропонимание.	Категории «частицы», «пространство-время», «поля». Куб физических парадигм. Теоретико-полевая, геометрическая и реляционная парадигма.
Раздел 2. Понятие системы отношений.	Фундаментальная (феноменологическая) симметрия. Унарные системы вещественных отношений. Примеры в евклидовой геометрии.
Раздел 3. Принципы реляционной концепции пространства-времени.	Определители Кэли-Менгера и Грама. Представление геометрических понятий в пространстве-времени через миноры. Система отношений в пространстве скоростей.
Раздел 4. Бинарная геометрия	Формализм бинарных систем вещественных и комплексных отношений. Понятие ранга. Канонический базис. Спиноры. Геометрия Лобачевского.
Раздел 5. Реляционный подход в физике микромира	Биспиноры и элементарные частицы. Прообраз уравнения Дирака. Геометрия на базе БСКО ранга (4,4). Водородоподобный атом. Высшие ранги и финслеровы спиноры.
Раздел 6. Гравитация и электромагнетизм в реляционной теории.	Принцип Фоккера-Фейнмана для электромагнетизма и линеаризованной гравитации. Гравитация, индуцированная электромагнетизмом. Магнитные поля астрофизических объектов. Космология.

Дисциплины (модули) изучаются в рамках освоения  
 ОП ВО «Гравитация, космология и релятивистская астрофизика»  
 по направлению 03.04.02 ФИЗИКА

<b>Наименование дисциплины</b>	Эволюция звезд. Динамика галактик
<b>Объём дисциплины, ЗЕ/ак.ч.</b>	2/72
<b>СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ</b>	
<b>Разделы</b>	<b>Темы</b>
Раздел 1. Межзвёздная среда	Понятие межзвёздной среды. Плотность и температура межзвёздной среды. Тепловая и гравитационная неустойчивость.
Раздел 2. Протозвёзды	Понятие протозвезды. Изотермическое и адиабатическое сжатие. Диаграмма Герцшпрунга—Рассела. Ядерные реакции на главной последовательности.
Раздел 3. Уравнение гидродинамического равновесия	Понятие гидродинамического равновесия. Уравнение Эмдена. Гравитационная и полная энергия звезды.
Раздел 4. Уравнение энергетического равновесия	Зависимость светимости звезды от её массы. Уравнение энергетического равновесия звезды.
Раздел 5. Температура, давление и плотность в центре звезды	Уравнение Клапейрона в центре звезды. Температура, давление и плотность.
Раздел 6. Звёздная динамика	Сравнение звёздной динамики с физикой плазмы. Орбиты звёзд. Спиральная структура Галактики.

Дисциплины (модули) изучаются в рамках освоения  
 ОП ВО «Гравитация, космология и релятивистская астрофизика»  
 по направлению 03.04.02 ФИЗИКА

<b>Наименование дисциплины</b>	Общая астрономия
<b>Объём дисциплины, ЗЕ/ак.ч.</b>	2/72
<b>СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ</b>	
<b>Разделы</b>	<b>Темы</b>
Раздел 1. Элементы наблюдательной астрономии	Системы координат на небесной сфере. Склонение и прямое восхождение. Суточное вращение небосвода. Невосходящие и незаходящие светила. Кульминации. Прецессия земной оси. Изменение экваториальных координат светил в период прецессии.
Раздел 2. Время	Звездное время. Звездные и тропические годы. Истинное и среднее солнечное время; «уравнение времени». Мировое время и местное время. Солнечный и лунный календари. Сидерический и синодальный периоды. Неравномерность движения Земли, эфемерное и атомное время.
Раздел 3. Луна и Солнце	Годовое движение Солнца по небесной сфере. Эклиптика. Смены времен года. Наблюдательные эффекты, связанные с орбитальным движением Земли. Сдвиг параллакса и абберация звезд. Фазы Луны и условия их наблюдения. Лунные и солнечные затмения. Приливные эффекты. Либрации. Орбита Луны и ее прецессия.
Раздел 4. Гравитация	Закон всемирного тяготения. Законы Кеплера и их вывод. Уточненный закон Кеплера. Элементы ОТО.
Раздел 5. Солнечная система	Возникновение и эволюция Солнечной системы. Протопланетный диск, его разделение и структуризация на планеты.
Раздел 6. Спектры	Спектральная шкала электромагнитных излучений. Законы излучения абсолютно черного тела. Тепловое излучение Солнца и звезд. Космическое фоновое излучение. Дискретные спектры излучения космических объектов. Спектрографические методы. Эффект Доплера.
Раздел 7. Звезды	Звезды и их основные физические характеристики. Спектральная классификация звезд. Диаграмма «спектр-светимость». Возникновение и эволюция звезд.
Раздел 8. Галактики	Галактики, их типы и характеристики. Эволюция галактик и механизмы формирования различных типов галактических структур. Сверхмассивные черные дыры в центрах спиральных галактик.
Раздел 9. Вселенная	Крупномасштабная структура Вселенной. Космологическое красное смещение и закон Хаббла. Современные представления о строении и эволюции Вселенной. Теория Большого взрыва. Современные проблемы космологии.



Дисциплины (модули) изучаются в рамках освоения  
 ОП ВО «Гравитация, космология и релятивистская астрофизика»  
 по направлению 03.04.02 ФИЗИКА

<b>Наименование дисциплины</b>	Дополнительные главы теоретической физики I
<b>Объём дисциплины, ЗЕ/ак.ч.</b>	2/72
<b>СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ</b>	
<b>Разделы</b>	<b>Темы</b>
Раздел 1. Функция Лагранжа	Принцип наименьшего действия. Уравнения Лагранжа. Законы сохранения.
Раздел 2. Решение уравнений Лагранжа	Одномерное движение. Движение в центральном поле. Законы Кеплера.
Раздел 3. Канонические уравнения	Канонические уравнения. Принцип Мопертюи. Скобки Пуассона. Канонические преобразования. Уравнения Гамильтона – Якоби. Метод Гамильтона – Якоби
Раздел 4. Преобразования Лоренца	Абсолютность скорости света. Интервал. Принцип относительности. Преобразования Лоренца. Сложение скоростей. Относительность одновременности. Сокращение длин и замедление времени в движущихся системах отсчета.
Раздел 5. Релятивистская механика	Релятивистская функция Лагранжа. Релятивистское уравнение Гамильтона-Якоби. Четырехмерные векторы. 4-скорость, 4-импульс и 4-сила.

Дисциплины (модули) изучаются в рамках освоения  
 ОП ВО «Гравитация, космология и релятивистская астрофизика»  
 по направлению 03.04.02 ФИЗИКА

<b>Наименование дисциплины</b>	Дополнительные главы теоретической физики II
<b>Объём дисциплины, ЗЕ/ак.ч.</b>	2/72
<b>СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ</b>	
<b>Разделы</b>	<b>Темы</b>
Раздел 1. Уравнения Максвелла	Электрические заряды и электромагнитное поле. Градиентная инвариантность. Уравнения Максвелла. Сила Лоренца. Движение зарядов в заданном внешнем поле
Раздел 2. Электромагнитное излучение	Электромагнитные волны. Потенциалы Лиенара – Вихерта. Мультипольное разложение. Излучение электромагнитных волн. Формула Лармора. Синхротронное излучение. Рассеяние электромагнитных волн свободными зарядами. Классический радиус электрона. Сила самодействия и торможение излучением.
Раздел 3. Интерпретации квантовой теории	Основные формулировки и интерпретации квантовой механики. Старая квантовая теория. Формула Планка. Постулаты Бора. Волны де Бройля.
Раздел 4. Нерелятивистская квантовая механика	Операторы энергии и импульса. Уравнение Шредингера. Волновой пакет. Соотношение неопределенностей. Коммутаторы. Принцип суперпозиции. Редукция волнового пакета. Вероятностная интерпретация волновой функции. Средние величины и матричные элементы. Производные по времени и законы сохранения. Теорема Эренфеста. Гармонический осциллятор. Атом водорода. Квазиклассическое приближение.
Раздел 5. Релятивистская квантовая механика	Уравнение Дирака. Спин. Квантовая теория излучения. Сила осциллятора. Естественная ширина уровня.

Дисциплины (модули) изучаются в рамках освоения  
 ОП ВО «Гравитация, космология и релятивистская астрофизика»  
 по направлению 03.04.02 ФИЗИКА

<b>Наименование дисциплины</b>	Дополнительные главы теоретической физики III
<b>Объём дисциплины, ЗЕ/ак.ч.</b>	2/72
<b>СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ</b>	
<b>Разделы</b>	<b>Темы</b>
Раздел 1. Гидрогазодинамика	Идеальная жидкость. Уравнение непрерывности. Уравнение Эйлера. Вязкая жидкость. Уравнение Навье – Стокса. Турбулентность. Пограничный слой. Движение газа. Звук. Ударные волны. Релятивистская гидродинамика
Раздел 2. Электродинамика сплошных сред	Уравнения Максвелла в среде. Поляризация, средняя плотность тока и заряда в среде. Граничные условия. Электростатика диэлектриков и проводников. Закон Био – Савара. Ферромагнетизм и сверхпроводимость. Квазистационарные электромагнитные поля. Закон индукции в движущихся проводниках. Скин-эффект. Электромагнитные волны в веществе. Явление дисперсии. Распространение волн на границе двух сред.
Раздел 3. Статистическая физика	Термодинамика. Распределение Гиббса. Идеальный газ. Распределение Максвелла. Распределения Ферми-Дирака и Бозе – Эйнштейна. Вырожденный электронный газ. Черное излучение. Теплоемкость твердых тел.

Дисциплины (модули) изучаются в рамках освоения  
 ОП ВО «Гравитация, космология и релятивистская астрофизика»  
 по направлению 03.04.02 ФИЗИКА

<b>Наименование дисциплины</b>	Системы отсчёта
<b>Объём дисциплины, ЗЕ/ак.ч.</b>	2/72
<b>СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ</b>	
<b>Разделы</b>	<b>Темы</b>
Раздел 1. Системы отсчета в ОТО.	Понятие системы отсчета в ньютоновской физике, специальной и общей теории относительности. Конгруэнтность мировых линий наблюдателей.
Раздел 2. Общековариантный монадный метод	3+1-расщепление. Алгебра общековариантного монадного метода. Операторы проекции. Дифференциальные операторы. Физико-геометрические тензоры. Уравнения ОТО и теории поля в монадном формализме.
Раздел 3. Метод хронометрических инвариантов	Хронометрическая калибровка системы отсчета. Физико-геометрические тензоры. Примеры использования хронометрической калибровки в точных решениях ОТО.
Раздел 4. Метод кинеметрических инвариантов	Нормальные системы отсчета. Кинеметрическая калибровка систем отсчета. Примеры использования кинеметрической калибровки в ОТО.
Раздел 5. Законы сохранения в ОТО	Производные Ли и векторы Киллинга. Псевдотензорный подход к законам сохранения. Гравитационные волны.
Раздел 6. Пятимерная теория гравитации и электромагнетизма	Монадный метод в 5-мерной геометрии. Пятимерная теория Калуцы. Недостатки и достоинства пятимерной теории.

**РУКОВОДИТЕЛЬ ОП ВО:**

**Директор УНИГК**

\_\_\_\_\_  
 Должность, БУП

**А.П. Ефремов**

\_\_\_\_\_  
 Подпись

\_\_\_\_\_  
 Фамилия И.О.