

Аннотация рабочей программы дисциплины

Введение в гравитацию и космологию

Направление подготовки

03.03.02 Физика

Уровень высшего образования:

Бакалавриат

Направленность (профиль) программы:

Физика атомного ядра и частиц

Форма обучения:

Очная

Цели и задачи освоения дисциплины «Введение в гравитацию и космологию»

Цели:

- формирование представления о физических и математических основах общей теории относительности (ОТО), взаимосвязи этой теории с другими направлениями физических исследований, прежде всего в космологии, астрофизике, физике элементарных частиц;
- знакомство с наиболее важными экспериментальными данными и теоретическими концепциями последних 20 лет, из области космологии, исследования гравитационного излучения и т.д.;
- овладение базовыми понятиями и методами ОТО (основы Римановой геометрии, вариационные производные, причинная структура многообразий в ОТО и т.д.).

Задачи дисциплины:

- изучение принципов СТО и ОТО и вытекающей из них ковариантной формулировки уравнений движения и уравнений полевых систем, изучение законов сохранения, обусловленных свойствами общекоординатной инвариантности и наличием изометрий;
- изучение физических свойств неинерциальных систем отсчета в СТО, преобразований компонент метрического тензора, знакомство с понятием горизонта событий;
- изучение методов интегрирования уравнений геодезических вблизи статического сферически-симметричного массивного источника, применение этих методов к описанию классических тестов ОТО;
- изучение свойств тензора Римана, уравнений Эйнштейна, тензора энергии-импульса;
- изучение космологической модели Λ CDM и выполнение расчетов базовых характеристик Вселенной: возраста, момента рекомбинации и т.д.
- изучение базовых физических свойств черных дыр, вывод решения Шварцшильда и изучение глобальных характеристик пространства-времени черной дыры.

Объекты профессиональной деятельности при изучении дисциплины

Объектами изучения дисциплины «Введение в гравитацию и космологию» являются физические системы различного масштаба и уровней организации, процессы их функционирования

Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина Б1.В.ДВ.6.2 относится к вариативной части учебного плана ОПОП подготовки бакалавров по направлению 03.03.02 «Физика», читается на 4 курсе в 7 и 8 семестрах. По характеру ее освоения – дисциплина по выбору.

Перечень дисциплин с указанием разделов (тем), усвоение которых студентами необходимо для изучения данной дисциплины:

- Общая физика
- Теоретическая механика
- Электродинамика
- Статистическая физика
- Математический анализ

Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями выпускников)

Формируемые компетенции <i>(код компетенции, уровень (этап) освоения) (последний – при наличии в карте компетенции)</i>	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), характеризующие этапы формирования компетенций
<i>ОПК-3 –III (продвинутый);</i> способностью использовать базовые теоретические знания фундаментальных разделов общей и теоретической физики для решения профессиональных задач	<i>3 (ОПК-3)-III Знать</i> квантовую механику, термодинамику и статистическую физику, теорию конденсированного состояния, основы физики фундаментальных взаимодействий, а также основы гравитации и космологии. Понимать связи между основными разделами физики. <i>У1 (ОПК-3)-III Уметь</i> Решать задачи квантовой механики, термодинамики и статистической физики, теории конденсированного состояния, физики фундаментальных взаимодействий, а также гравитации и космологии, опираясь на знание фундаментальных разделов математики, использовать связи и аналогии между основными разделами физики; применять теоретические знания фундаментальных разделов общей и теоретической физики для решения

	<p>профессиональных задач.</p> <p><i>В (ОПК-3)-III Владеть</i> математическим формализмом и методами квантовой механики, термодинамики и статистической физики, теории конденсированного состояния, физики фундаментальных взаимодействий, а также теории гравитации; способностью использовать базовые теоретические знания фундаментальных разделов общей и теоретической физики для решения профессиональных задач.</p>
<p><i>ПК-1</i></p> <p>способностью использовать специализированные знания в области физики для освоения профильных физических дисциплин</p>	<p><i>З (ПК-1) Знать</i> основные разделы общей и теоретической физики на уровне, необходимом для освоения профильных физических дисциплин;</p> <p><i>У1(ПК-1) Уметь</i> решать типичные задачи профильных физических дисциплин, используя методы теоретической и математической физики;</p> <p><i>У2(ПК-1) Уметь</i> использовать связи и аналогии между основными разделами физики для освоения профильных физических дисциплин;</p> <p><i>В2(ПК-1) Владеть</i> специализированными методами теоретической и математической физики, используемыми в профильных физических дисциплинах;</p>
<p><i>ПК-11</i></p> <p>способностью применять на практике профессиональные знания и умения, полученные при освоении профильных физических дисциплин</p>	<p><i>З (ПК-11) Знать</i> профильные физические дисциплины, в объеме необходимом для начала профессиональной деятельности или продолжения обучения в магистратуре;</p> <p><i>У (ПК-11) Уметь:</i> применять на практике профессиональные знания и умения, полученные при освоении профильных физических дисциплин</p> <p><i>В (ПК-11) Владеть:</i> профессиональными знаниями и умениями, полученными при освоении профильных физических дисциплин.</p>

Объем дисциплины в зачетных единицах с указанием количества академических или астрономических часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся

Объем дисциплины составляет 4 зачетные единицы, всего 144 часа, из которых:

75 часов составляет контактная работа обучающегося с преподавателем:

29 часов – лекционные занятия;

46 часов – практические (семинарские) занятия;

69 часов составляет самостоятельная работа обучающегося (57 час выполнение домашних заданий, 12 часов – подготовка презентаций по предлагаемым темам)

Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам)

Раздел 1. Основные понятия и постулаты СТО.

Предмет и структура курса. Основные исторические факты, касающиеся создания и развития ОТО. Постулаты СТО. Связь координат разных инерциальных систем отсчета. Интервал, лабораторное, собственное время. Пространство Минковского и группа Лоренца.

Раздел 2. Описание уравнений движения в СТО. Неинерциальные системы отсчета. Траектории в СТО и вектор 4-скорости. Энергия и импульс частицы. Ускоренные наблюдатели в СТО. Прямолинейное движение с постоянным ускорением, риндлеровские наблюдатели. Координатные преобразования общего вида. Система отсчета, вращающаяся с постоянной угловой скоростью. Риндлеровская система отсчета.

Раздел 3. Релятивистская теория поля в пространстве Минковского. Классическое описание теории поля в формализме Лагранжа. Релятивистская ковариантность теории. Векторы, тензоры. Теория Максвелла.

Раздел 4. Симметрии и законы сохранения в релятивистской теории поля. Канонический тензор энергии импульса. Первое знакомство с векторами Киллинга. Изометрии и сохраняющиеся величины.

Раздел 5. Основы общей теории относительности. Слабый и сильный принцип эквивалентности. Метрический тензор и интервал. Одновременные события и физические расстояния.

Раздел 6. Основы математического аппарата ОТО. Векторы, реперы, тензоры. Параллельный перенос. Ковариантные производные. Перенос Ферми-Уолкера.

Раздел 7. Геодезические. Определение. Свойства. Нерелятивистский предел. Интегралы при наличии изометрий.

Раздел 8. Классические тесты ОТО. Типы экспериментов по проверке ОТО. Геодезические в статическом сферически-симметричном поле. Неклассическое поведение геодезических. Отклонение лучей света в гравитационном поле. Геодезическая прецессия. Гравитационное красное смещение.

Раздел 9. Кривизна. Девиация геодезических. Тензор Римана, его свойства и геометрический смысл.

Раздел 10. Тензор энергии-импульса в ОТО. Функционал действия полей во внешнем гравитационном поле. Вариации по метрике. Метрический тензор энергии-импульса и его свойства. Энергетические условия.

Раздел 11. Уравнения гравитационного поля. Уравнения Эйнштейна: структура и свойства. Решения уравнений для сферически-симметричного источника. Решения Шварцшильда.

Раздел 12. Примеры решений в ОТО. Теория гравитации с космологической постоянной. Модель гравитирующего скалярного поля. Решения де Ситтера и (анти) де Ситтера. Приближенные решения в случае слабого гравитационного поля.

Раздел 13. Физические свойства решения Шварцшильда. Черные дыры как астрофизические объекты. Геодезические в геометрии Шварцшильда. Координаты Эддингтона-Финкельштейна.

Раздел 14. Геометрия вечной черной дыры. Координаты Крускала-Шекереса. Геометрия в целом и диаграммы Картера-Пенроуза. Примеры конформных отображений.

Раздел 15. Крупномасштабные свойства Вселенной. Основные свойства наблюдаемой Вселенной. Модель Фридмана. Закон расширения Хаббла. Фактор красного смещения.

Раздел 16. Удаленность объектов в расширяющейся Вселенной. Распространение фотонов в плоской Вселенной. Фотометрическое расстояние. Стандартные свечи.

Раздел 17. Стандартная космологическая модель. Состав Вселенной и космологические параметры. Источники информации о космологических параметрах: кривые вращения галактик, сверхновые, данные микроволнового фона. Модель Λ CDM.