

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина»

УТВЕРЖДАЮ  
Директор по образовательной  
деятельности

\_\_\_\_\_ С.Т. Князев  
«\_\_» \_\_\_\_\_

### РАБОЧАЯ ПРОГРАММА МОДУЛЯ

<b>Код модуля</b>	<b>Модуль</b>
1154529	Гравитация

**Екатеринбург**

<b>Перечень сведений о рабочей программе модуля</b>	<b>Учетные данные</b>
<b>Образовательная программа</b> 1. Астрономия 2. Фундаментальная и прикладная физика	<b>Код ОП</b> 1. 03.05.01/33.01 2. 03.05.02/33.01
<b>Направление подготовки</b> 1. Астрономия; 2. Фундаментальная и прикладная физика	<b>Код направления и уровня подготовки</b> 1. 03.05.01; 2. 03.05.02

Программа модуля составлена авторами:

<b>№ п/п</b>	<b>Фамилия Имя Отчество</b>	<b>Ученая степень, ученое звание</b>	<b>Должность</b>	<b>Подразделение</b>
1	Колчанова Светлана Геннадьевна	кандидат физико-математических наук, без ученого звания	Доцент	Департамент фундаментальной и прикладной физики
2	Урсулов Андрей Владимирович	кандидат физико-математических наук, доцент	Доцент	Департамент фундаментальной и прикладной физики

**Согласовано:**

Управление образовательных программ

Е.С. Комарова

# 1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА МОДУЛЯ Гравитация

## 1.1. Аннотация содержания модуля

Курс «Гравитация» посвящен изучению современных представлений о гравитационном взаимодействии. В курсе, в частности, рассматриваются такие вопросы, как связь гравитационного взаимодействия со свойствами пространства-времени, гравитационные волны, черные дыры, эволюция Вселенной, темная материя и темная энергия. Изложение материала ведется на уровне, принятом в курсах общей физики.

## 1.2. Структура и объем модуля

Таблица 1

№ п/п	Перечень дисциплин модуля в последовательности их освоения	Объем дисциплин модуля и всего модуля в зачетных единицах
1	Гравитация	3
ИТОГО по модулю:		3

## 1.3. Последовательность освоения модуля в образовательной программе

<b>Пререквизиты модуля</b>	<ol style="list-style-type: none"><li>1. Общая астрономия</li><li>2. Общая физика</li></ol>
<b>Постреквизиты и кореквизиты модуля</b>	<ol style="list-style-type: none"><li>1. Теоретическая физика</li><li>2. Астрофизика</li><li>3. Небесная механика</li><li>4. Метрологическое обеспечение научных исследований</li><li>5. Междисциплинарный курсовой проект</li><li>6. Дополнительные главы астрофизики и звездной астрономии</li><li>7. Дополнительные главы астрометрии и небесной механики</li></ol>

## 1.4. Распределение компетенций по дисциплинам модуля, планируемые результаты обучения (индикаторы) по модулю

Таблица 2

Перечень дисциплин модуля	Код и наименование компетенции	Планируемые результаты обучения (индикаторы)
1	2	3

Гравитация	<p>ОПК-1 - Способен выявлять, формулировать и решать фундаментальные и прикладные задачи в области своей профессиональной деятельности и в междисциплинарных направлениях с использованием фундаментальных знаний и практических навыков</p>	<p>З-1 - Демонстрировать понимание фундаментальных принципов, методов и подходов к решению фундаментальных и прикладных задач в профильной области деятельности и междисциплинарных направлениях</p> <p>У-1 - Выявлять и определять цели и пути решения фундаментальных и прикладных задач в профильной области деятельности, опираясь на фундаментальные законы и принципы, с использованием соответствующих целям подходов и методов</p> <p>Д-1 - Демонстрировать аналитические умения и креативное мышление</p> <p>Д-2 - Проявлять лидерские качества и умения работать в научном коллективе</p>
	<p>ПК-5 - Способен вести междисциплинарные исследования на стыке астрономии с физикой и математикой и другими естественными науками</p>	<p>З-1 - Характеризовать ключевые достижения астрономии и смежных наук в соответствующей предметной области</p>

### 1.5. Форма обучения

Обучение по дисциплинам модуля может осуществляться в очной формах.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**  
**Гравитация**

Рабочая программа дисциплины составлена авторами:

<b>№ п/п</b>	<b>Фамилия Имя Отчество</b>	<b>Ученая степень, ученое звание</b>	<b>Должность</b>	<b>Подразделение</b>
1	Колчанова Светлана Геннадьевна	кандидат физико- математических наук, без ученого звания	Доцент	Департамент фундаментальной и прикладной физики
2	Урсулов Андрей Владимирович	кандидат физико- математических наук, доцент	Доцент	Департамент фундаментальной и прикладной физики

**Рекомендовано учебно-методическим советом института Естественных наук и математики**

Протокол № 3 от 14.05.2021 г.

# 1. СОДЕРЖАНИЕ И ОСОБЕННОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ ДИСЦИПЛИНЫ

Авторы:

- Колчанова Светлана Геннадьевна, Доцент, Департамент фундаментальной и прикладной физики
- Урсулов Андрей Владимирович, Доцент, Департамент фундаментальной и прикладной физики

## 1.1. Технологии реализации, используемые при изучении дисциплины модуля

- Традиционная (репродуктивная) технология
- Разноуровневое (дифференцированное) обучение
  - Базовый уровень

*\*Базовый I уровень – сохраняет логику самой науки и позволяет получить упрощенное, но верное и полное представление о предмете дисциплины, требует знание системы понятий, умение решать проблемные ситуации. Освоение данного уровня результатов обучения должно обеспечить формирование запланированных компетенций и позволит обучающемуся на минимальном уровне самостоятельности и ответственности выполнять задания;*

*Продвинутый II уровень – углубляет и обогащает базовый уровень как по содержанию, так и по глубине проработки материала дисциплины. Это происходит за счет включения дополнительной информации. Данный уровень требует умения решать проблемы в рамках курса и смежных курсов посредством самостоятельной постановки цели и выбора программы действий. Освоение данного уровня результатов обучения позволит обучающемуся повысить уровень самостоятельности и ответственности до творческого применения знаний и умений.*

## 1.2. Содержание дисциплины

Таблица 1.1

Код раздела, темы	Раздел, тема дисциплины*	Содержание
P1	Введение. Классическая теория гравитации	Введение. Классическая теория гравитации. Законы Кеплера. Закон всемирного тяготения Ньютона. Теорема вириала. Система гравитационно-взаимодействующих частиц. Приближение сплошной среды в классической теории гравитации. Применение классической теории гравитации в астрономии и астрофизике.
P2	Элементы общей теории относительности	Равенство инертной и гравитационной масс. Принцип эквивалентности. Геометризация гравитации. Общий принцип относительности. Общая теория относительности (ОТО). Тензоры. Связности. Тензор кривизны. Тензор Риччи. Метрический тензор. Скалярная кривизна. Символы Кристоффеля. Геодезические. Геодезическая как кратчайшая. Ньютоновское приближение Уравнения гравитационного поля. Космологическая постоянная. Тензор энергии-импульса материи в приближении сплошной среды. Нерелятивистский предел уравнений гравитационного поля.
P3	Основные наблюдаемые эффекты ОТО. Черные дыры. Гравитационные волны	Уравнение геодезической. Распространение лучей света в гравитационном поле. Замедление хода часов и смещение спектральных линий в постоянном гравитационном поле. Центрально-симметричное гравитационное поле. Метрика Шварцшильда. Движение частицы в центрально-симметричном гравитационном поле. Вращение планетарных

		орбит. Распространение лучей света в центрально-симметричном гравитационном поле. Гравитационная линза. Гравитационный коллапс. Черные дыры. Движение в поле чёрной дыры. Гравитационные волны. Космология.
<b>P4</b>	Космология	Однородная изотропная Вселенная. Закон Хаббла. Модели расширяющейся Вселенной. Начальные моменты Вселенной. Инфляционные модели.
<b>P5</b>	Космомикрофизика	Гравитация – фундаментальное взаимодействие. Рождение элементарных частиц и химических элементов в процессе эволюции Вселенной.

### 1.3. Направление, виды воспитательной деятельности и используемые технологии

Таблица 1.2

Направление воспитательной деятельности	Вид воспитательной деятельности	Технология воспитательной деятельности	Компетенция	Результаты обучения
Профессиональное воспитание	профориентационная деятельность	Технология самостоятельной работы	ОПК-1 - Способен выявлять, формулировать и решать фундаментальные и прикладные задачи в области своей профессиональной деятельности и в междисциплинарных направлениях с использованием фундаментальных знаний и практических навыков	Д-2 - Проявлять лидерские качества и умения работать в научном коллективе

1.4. Программа дисциплины реализуется на государственном языке Российской Федерации .

## 2. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### Гравитация

#### Электронные ресурсы (издания)

1. Фок, В. А.; Теория пространства, времени и тяготения : монография.; Гос. изд-во физ.-мат. лит., Москва; 1961; <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=256618> (Электронное издание)

2. ; Введение в общую теорию относительности, ее современное развитие и приложения : учебное пособие.; Флинта|Уральский федеральный университет (УрФУ), Москва; 2017; <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=482208> (Электронное издание)

#### Печатные издания

1. Ландау, Л. Д., Лифшиц, Е. М.; Теоретическая физика : Учеб. пособие для студентов физ. специальностей ун-тов: В 10 т. Т. 2. Теория поля.- 8-е изд., стер.; Физматлит, Москва; 2001 (2 экз.)
2. Хлопов, М. Ю.; Основы космофизики; Едиториал УРСС, Москва; [2004] (2 экз.)
3. Гончарова, Н. Г.; Частицы и атомные ядра. Задачи с решениями и комментариями : учебное пособие.; ФИЗМАТЛИТ, Москва; 2013 (2 экз.)
4. Дубровин, Б. А.; Современная геометрия. Методы и приложения : [учебное пособие для физико-математических специальностей университетов].; Наука, Москва; 1986 (3 экз.)
5. Зельманов, А. Л.; Элементы общей теории относительности; Наука, Москва; 1989 (4 экз.)

### **Профессиональные базы данных, информационно-справочные системы**

1. Электронная научная библиотека <https://elibrary.ru>
2. Университетская библиотека онлайн: <http://biblioclub.ru>
3. Зональная научная библиотека УрФУ. URL: <http://lib.urfu.ru>

### **Материалы для лиц с ОВЗ**

Весь контент ЭБС представлен в виде файлов специального формата для воспроизведения синтезатором речи, а также в тестовом виде, пригодном для прочтения с использованием экранной лупы и настройкой контрастности.

### **Базы данных, информационно-справочные и поисковые системы**

1. [eqworld.ipmnet.ru](http://eqworld.ipmnet.ru)
2. [mathworld.wolfram.com](http://mathworld.wolfram.com)
3. [www.math-atlas.org](http://www.math-atlas.org)
4. [arxiv.org](http://arxiv.org)

## **3. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **Гравитация**

**Сведения об оснащённости дисциплины специализированным и лабораторным оборудованием и программным обеспечением**

Таблица 3.1

<b>№ п/п</b>	<b>Виды занятий</b>	<b>Оснащённость специальных помещений и помещений для самостоятельной работы</b>	<b>Перечень лицензионного программного обеспечения</b>
1	Лекции	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов	Office Professional 2003 Win32 Russian CD-ROM  Office 365 EDUA3 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES



		<p>Рабочее место преподавателя</p> <p>Доска аудиторная</p> <p>Подключение к сети Интернет</p>	
2	Консультации	<p>Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов</p> <p>Рабочее место преподавателя</p> <p>Доска аудиторная</p>	<b>Не требуется</b>
3	Текущий контроль и промежуточная аттестация	<p>Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов</p> <p>Рабочее место преподавателя</p> <p>Доска аудиторная</p>	<b>Не требуется</b>
4	Самостоятельная работа студентов	<p>Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов</p> <p>Подключение к сети Интернет</p>	<p>Office Professional 2003 Win32 Russian CD-ROM</p> <p>Office 365 EDUA3 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES</p>