

Документ подписан простой электронной подписью Информация о владельце: ФИО: Таскаев Сергей Валерьевич Должность: Ректор Дата подписания: 29.05.2024 00:49:00 Уникальный программный ключ: 091944881986350062401307688834253	МИНОВЕРНАУКИ РОССИИ Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ»)	Рабочая программа дисциплины "Космология" по направлению подготовки (специальности) 03.04.02 "Физика" направленности (профилю) Теоретическая и математическая физика ФГБОУ ВО «ЧелГУ»	стр. 1
---	--	--	--------

## Рабочая программа дисциплины (модуля)\*

### Космология

Направление подготовки (специальность)

03.04.02 Физика

Направленность (профиль)

Теоретическая и математическая физика

Присваиваемая квалификация (степень)

магистр

Форма обучения

очная

Год(ы) набора 2024

\*Рабочая программа дисциплины (модуля) адаптирована для инклюзивного обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья

Челябинск 2024 г.



## Содержание

1. Цели освоения дисциплины
2. Место дисциплины в структуре ОПОП
3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины (модуля)
4. Объем дисциплины (модуля)
5. Структура и содержание дисциплины (модуля)
6. Фонд оценочных средств
  - 6.1. Перечень видов оценочных средств
  - 6.2. Типовые контрольные задания и иные материалы для текущей аттестации
  - 6.3. Типовые контрольные вопросы и задания для промежуточной аттестации
  - 6.4. Критерии оценивания
7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)
  - 7.1. Рекомендуемая литература
  - 7.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет"
  - 7.3. Перечень информационных технологий
8. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)
9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)
10. Специальные условия освоения дисциплины обучающимися с инвалидностью и ограниченными возможностями здоровья



### 1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью освоения дисциплины является изучение происхождения, развития и современного состояния Вселенной.

Основные задачи дисциплины:

- формирование научного представления о строении и эволюции Вселенной;
- освоение основных понятий и идей, лежащих в основе современной космологии;
- освоение навыками использования математических теорий и методов для решения задач космологии.

Результаты обучения по дисциплине направлены на достижение индикаторов:

ПК-1.1. Демонстрирует знание основных теоретических положений и методов в области теоретической и математической физики;

ПК-1.2. Демонстрирует умения сбора и анализа информации по тематике проводимых научных исследований в области теоретической и математической физики;

ПК-1.3. Имеет практический опыт установления новых фактов и закономерностей в области теоретической и математической физики;

ПК-2.1. Обладает знаниями о передовом отечественном и зарубежном опыте эксплуатации и технического обслуживания электронного оборудования;

ПК-2.2. Демонстрирует умение ставить научные задачи в области теоретической и математической физики и решать их с использованием современного оборудования и отечественного и зарубежного опыта;

ПК-2.3. Имеет практический опыт (навыки) проведения научно-исследовательских работ, опираясь на использование современного оборудования и отечественного и зарубежного опыта.

### 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП

Цикл (раздел) ОПОП: Б1.В.07

#### 2.1 Требования к предварительной подготовке обучающегося:

---

#### 2.2 Дисциплины и практики, для которых освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как предшествующее:

Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы

Современные проблемы физики

### 3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

**ПК-1: Способен проводить научно-исследовательскую работу в области теоретической и математической физики**

#### Знать:

Для достижения ПК-1.1: об области применимости космологии, о наблюдательных данных о Вселенной, основные понятия, методы и уравнения космологии, теории и методы исследования строения и эволюции Вселенной

#### Уметь:

Для достижения ПК-1.2: самостоятельно ставить и решать конкретные физические задачи, возникающие в космологических моделях

#### Владеть:

Для достижения ПК-1.3: навыком теоретического описания различных физических систем

**ПК-2: Способность ставить научные задачи в области теоретической и математической физики и решать их с использованием современного оборудования и отечественного и зарубежного опыта**

#### Знать:

Для достижения ПК-2.1: методы и способы постановки и решения задач физических исследований в области космологии

#### Уметь:



Для достижения ПК-2.2: уметь понимать основные принципы и подходы в космологии

**Владеть:**

Для достижения ПК-2.3: навыками постановки и решения задач научных исследований в области теоретической физики (на примере космологии)

**В результате освоения дисциплины обучающийся должен**

<b>3.1 Знать:</b>	
3.1.1	об области применимости космологии, о наблюдательных данных о Вселенной, основные понятия, методы и уравнения космологии, теории и методы исследования строения и эволюции Вселенной; методы и способы постановки и решения задач физических исследований в области космологии
<b>3.2 Уметь:</b>	
3.2.1	самостоятельно ставить и решать конкретные физические задачи, возникающие в космологических моделях; уметь понимать основные принципы и подходы в космологии
<b>3.3 Владеть:</b>	
3.3.1	навыками постановки и решения задач научных исследований в области теоретической физики, навыком теоретического описания различных физических систем

**4. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

<b>Общая трудоемкость</b>	<b>3 ЗЕТ</b>
Часов по учебному плану : 108 в том числе : аудиторные занятия : 32 самостоятельная работа : 32,6 часов на контроль : 36 контактная работа: 39,4 ИКР: 7,4	Виды контроля в семестрах:  экзамены 1

**5. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

Код занятия	Наименование разделов и тем /вид занятия/	Семестр / Курс	Часов	Литература
	<b>Раздел 1. Наблюдательные данные, лежащие в основе космологии</b>			
1.1	Параметры, определяющие свойства Вселенной (расстояния, светимости, спектры, лучевые скорости, состав космической среды). Однородность и изотропность Вселенной. Нестационарность Вселенной. Закон Хаббла. Материя во Вселенной. «Барионная компонента» – звезды, галактики, межгалактическая среда и др. «Релятивистская компонента» – реликтовое излучение и нейтрино. Темная материя. Вакуумные формы материи. Темная энергия. /Лек/	1	2	Л1.1 Л1.3 Л1.4 Л1.2Л2.1 Л2.2 Л2.3 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5
1.2	Параметры, определяющие свойства Вселенной (расстояния, светимости, спектры, лучевые скорости, состав космической среды). Однородность и изотропность Вселенной. Нестационарность Вселенной. Закон Хаббла. Материя во Вселенной. «Барионная компонента» – звезды, галактики, межгалактическая среда и др. «Релятивистская компонента» – реликтовое излучение и нейтрино. Темная материя. Вакуумные формы материи. Темная энергия. /Пр/	1	2	Л1.1 Л1.3 Л1.4 Л1.2Л2.1 Л2.2 Л2.3 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5
1.3	Параметры, определяющие свойства Вселенной (расстояния, светимости, спектры, лучевые скорости, состав космической среды). Однородность и изотропность Вселенной. Нестационарность Вселенной. Закон Хаббла. Материя во Вселенной. «Барионная компонента» – звезды, галактики, межгалактическая среда и др. «Релятивистская компонента» – реликтовое излучение и нейтрино. Темная материя. Вакуумные формы материи. Темная энергия. /Ср/	1	6	Л1.1 Л1.3 Л1.4 Л1.2Л2.1 Л2.2 Л2.3 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5
	<b>Раздел 2. Общая теория относительности (ОТО)</b>			



2.1	Ограниченность ньютоновской механики. Основопологающие идеи ОТО. Неевклидов континуум. Гауссовы координаты. Ковариантная форма записи уравнений. Основы тензорного анализа. Уравнение гравитационного поля в отсутствии материи. Уравнения Эйнштейна в общем виде. Ньютоновское приближение. /Лек/	1	2	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4Л2.1 Л2.2 Л2.3 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5
2.2	Ограниченность ньютоновской механики. Основопологающие идеи ОТО. Неевклидов континуум. Гауссовы координаты. Ковариантная форма записи уравнений. Основы тензорного анализа. Уравнение гравитационного поля в отсутствии материи. Уравнения Эйнштейна в общем виде. Ньютоновское приближение. /Пр/	1	2	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4Л2.1 Л2.2 Л2.3 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5
2.3	Ограниченность ньютоновской механики. Основопологающие идеи ОТО. Неевклидов континуум. Гауссовы координаты. Ковариантная форма записи уравнений. Основы тензорного анализа. Уравнение гравитационного поля в отсутствии материи. Уравнения Эйнштейна в общем виде. Ньютоновское приближение. /Ср/	1	6	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4Л2.1 Л2.2 Л2.3 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5
<b>Раздел 3. Космологические уравнения А.А. Фридмана</b>				
3.1	Методика получения уравнений Фридмана из уравнений Эйнштейна. Качественный анализ решений уравнений Фридмана. Динамика Вселенной в Ньютоновском приближении. «Стандартная» космологическая модель. $\Lambda$ CDM – модель, параметры модели. /Лек/	1	2	Л1.1 Л1.3 Л1.4 Л1.2Л2.1 Л2.2 Л2.3 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5
3.2	Методика получения уравнений Фридмана из уравнений Эйнштейна. Качественный анализ решений уравнений Фридмана. Динамика Вселенной в Ньютоновском приближении. «Стандартная» космологическая модель. $\Lambda$ CDM – модель, параметры модели. /Пр/	1	2	Л1.1 Л1.3 Л1.4 Л1.2Л2.1 Л2.2 Л2.3 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5
3.3	Методика получения уравнений Фридмана из уравнений Эйнштейна. Качественный анализ решений уравнений Фридмана. Динамика Вселенной в Ньютоновском приближении. «Стандартная» космологическая модель. $\Lambda$ CDM – модель, параметры модели. /Ср/	1	5,6	Л1.1 Л1.3 Л1.4 Л1.2Л2.1 Л2.2 Л2.3 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5
<b>Раздел 4. Физические процессы в расширяющейся Вселенной</b>				
4.1	Предполагаемый сценарий эволюции ранней Вселенной. Первые три минуты после «Большого Взрыва». Первичный нуклеосинтез. Эра излучения. Рекомбинация. Реликтовое излучение. /Лек/	1	2	Л1.1 Л1.3 Л1.4 Л1.2Л2.1 Л2.2 Л2.3 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5
4.2	Предполагаемый сценарий эволюции ранней Вселенной. Первые три минуты после «Большого Взрыва». Первичный нуклеосинтез. Эра излучения. Рекомбинация. Реликтовое излучение. /Пр/	1	2	Л1.1 Л1.3 Л1.4 Л1.2Л2.1 Л2.2 Л2.3 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5
4.3	Предполагаемый сценарий эволюции ранней Вселенной. Первые три минуты после «Большого Взрыва». Первичный нуклеосинтез. Эра излучения. Рекомбинация. Реликтовое излучение. /Ср/	1	5	Л1.1 Л1.3 Л1.4 Л1.2Л2.1 Л2.2 Л2.3 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5
<b>Раздел 5. Образование структур во Вселенной</b>				
5.1	Наблюдаемое распределение материи во Вселенной. Гравитационное приближение. Приближение малых возмущений. Типы возмущений однородной среды. Об эволюции неоднородностей в расширяющейся Вселенной. /Лек/	1	4	Л1.1 Л1.3 Л1.4 Л1.2Л2.1 Л2.2 Л2.3 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5
5.2	Наблюдаемое распределение материи во Вселенной. Гравитационное приближение. Приближение малых возмущений. Типы возмущений однородной среды. Об эволюции неоднородностей в расширяющейся Вселенной. /Пр/	1	4	Л1.1 Л1.3 Л1.4 Л1.2Л2.1 Л2.2 Л2.3 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5



5.3	Наблюдаемое распределение материи во Вселенной. Гравитационное приближение. Приближение малых возмущений. Типы возмущений однородной среды. Об эволюции неоднородностей в расширяющейся Вселенной. /Ср/	1	5	Л1.1 Л1.3 Л1.4 Л1.2Л2.1 Л2.2 Л2.3 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5
<b>Раздел 6. Проблемы космологии</b>				
6.1	Космология ранней Вселенной. Проблема начальных возмущений. Мириады антимирры. Вакуумные формы материи. Природа космологических сил отталкивания. Темная материя. Альтернативные модели Вселенной (альтернатива $\Lambda$ CDM – модели). Черные дыры. /Лек/	1	4	Л1.1 Л1.3 Л1.4 Л1.2Л2.1 Л2.2 Л2.3 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5
6.2	Космология ранней Вселенной. Проблема начальных возмущений. Мириады антимирры. Вакуумные формы материи. Природа космологических сил отталкивания. Темная материя. Альтернативные модели Вселенной (альтернатива $\Lambda$ CDM – модели). Черные дыры. /Пр/	1	4	Л1.1 Л1.3 Л1.4 Л1.2Л2.1 Л2.2 Л2.3 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5
6.3	Космология ранней Вселенной. Проблема начальных возмущений. Мириады антимирры. Вакуумные формы материи. Природа космологических сил отталкивания. Темная материя. Альтернативные модели Вселенной (альтернатива $\Lambda$ CDM – модели). Черные дыры. /Ср/	1	5	Л1.1 Л1.3 Л1.4 Л1.2Л2.1 Л2.2 Л2.3 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5
<b>Раздел 7. Иная контактная работа</b>				
7.1	Индивидуальные консультации, текущий контроль /ИКР/	1	7,4	Л1.1 Л1.3 Л1.4 Л1.2Л2.1 Л2.2 Л2.3 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5

## 6. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

### 6.1. Перечень видов оценочных средств

Контрольные вопросы  
Реферат  
Вопросы к экзамену

### 6.2. Типовые контрольные задания и иные материалы для текущей аттестации

Темы рефератов

1. Уравнения Эйнштейна.
2. Космологические уравнения А.А. Фридмана.
3. Вакуумные формы материи.
4. Решения уравнений Эйнштейна для вакуума.
5. Черные дыры.
6. Первичные черные дыры.
7. Частицы, античастицы и гравитация.
8. Проблема космологических сил отталкивания.
9. Образование структур во Вселенной.
10. Эволюция неоднородностей в расширяющейся Вселенной.
11. Зарядово-симметричная Вселенная. Трудности теории Омнеса.
12. Космологические модели Вселенной.
13. Темная материя.
14. Космология ранней Вселенной.
15. Первичный нуклеосинтез.
16. Гравитационные волны.

Контрольные вопросы

1. Расширение Вселенной
1. Видимые движения звезд. Впечатление о неизменности звездного неба и реальность.



2. На чем основаны современные знания о расширении Вселенной?
  3. Эффекты Доплера. Красное смещение  $z$  наблюдаемых объектов.
  4. Имеет ли отношение эффект Доплера к цвету звезд?
  5. Спектральный анализ. Его использование в астрофизике.
  6. Метод измерения лучевых скоростей путем наблюдения доплеровских сдвигов спектральных линий.
  7. Крупные структурные элементы Вселенной – галактики, скопления галактик, сверхскопления.
  8. Абсолютная светимость астрономического объекта.
  9. Видимая светимость наблюдаемого объекта.
  10. Использование цефеид для определения расстояний до близких галактик.
  11. Другие методы определения космологических расстояний.
  12. Закон Хаббла. На чем основывал Хаббл свое утверждение о справедливости этого закона?
  13. Космологический принцип. Сопутствующая система координат. Типичный наблюдатель.
  14. Однородность Вселенной и закон Хаббла. Параметр Хаббла. Справедливость закона Хаббла в любой теории, удовлетворяющей космологическому принципу.
  15. Изотропность Вселенной. Изотропия и однородность. Показать, что если Вселенная изотропна для любого типичного наблюдателя, то она с необходимостью является и однородной.
  16. Почему утверждение о пропорциональности между лучевыми скоростями и расстояниями для больших расстояний не является правильным?
  17. О сложении скоростей в СТО.
  18. Оценка возраста Вселенной, основанная на знании значения постоянной Хаббла и идее о расширении Вселенной.
  19. Другие оценки возраста Вселенной. Лежащие в их основе идеи.
  20. Масштаб Вселенной. Связь длины волны реликтовых фотонов и масштаба Вселенной. Что можно сказать об этой связи для других частиц?
- 
2. Общая теория относительности (ОТО)
  21. Ограниченность ньютоновской механики.
  22. Основопологающие идеи ОТО.
  23. Неевклидов континуум. Гауссовы координаты.
  25. Основы тензорного анализа (Алгебра тензоров, ко- и контравариантные тензоры, фундаментальный тензор и его свойства, дифференцирование тензоров, символы Кристоффеля).
  26. Уравнение геодезической линии.
  27. Тензор Римана.
  28. Уравнение гравитационного поля в отсутствии материи.
  29. Уравнения Эйнштейна в общем виде.
  30. Уравнения А.А. Фридмана.
  31.  $\Lambda$  – член в уравнениях Эйнштейна. Мотивация его введения. Эйнштейновские силы отталкивание.
- 
3. Космологические модели Вселенной
  32. Ньютоновское приближение в космологии. Теорема Биркгофа. Применения теоремы Биркгофа для определения критической плотности космической среды.
  33.  $\Lambda$ CDM – модель Вселенной. Уравнения. Граничные условия. Параметры, определяющие эту модель. Трудности определения с необходимостью параметров модели.
  34. Возможные сценарии изменения масштаба Вселенной  $a(t)$  в  $\Lambda$ CDM – модели.
  35. «Темная материя». Современные представления о ней.
  36. «Темная энергия». Уравнения состояния. Космологическое уравнение, обусловленное «темной энергией».
  37. Понятие горизонта в космологии. Соотношение между расстоянием до горизонта и масштаба Вселенной  $a(t)$ . Почему полагают, что при излучении динамики ранней Вселенной эффекты кривизны не являются существенными?
- 
4. Реликтовое излучение
  38. Радиозум, наблюдавшийся Пензиасом и Вильсоном и его связь с излучением черного тела.
  39. Аргументы в пользу того, что должен существовать фон микроволнового радиозума, оставшийся от ранней Вселенной.
  40. Идея «Горячей Вселенной». Аргументы в ее поддержку. Соотношение числа частиц и фотонов во Вселенной. Влияние фотонов на характер протекающих процессов в ранней Вселенной.
  41. Каковы должны быть свойства микроволнового излучения, если современные космологические идеи верны?
  42. Рекомбинация. Параметры Вселенной в эпоху рекомбинации.
  43. Планковское распределение энергии в спектре черного тела. Термодинамическое равновесие в ранней Вселенной. Показать, что и после рекомбинации распределение фотонов по энергиям остается планковским.
  44. Использование идеи о тепловом равновесии для анализа процессов в ранней Вселенной. Какие характерные



времена следует сравнить, чтобы можно было судить о возможности или невозможности теплового равновесия в изучаемой системе.

45. Единица измерения энергии эВ. Связь этой единицы с энергией, определяемой в градусах Кельвина. Постоянная Больцмана.
46. Характерные энергии для протекания различных физических процессов в космической среде (рождение пар, ядерных реакций, химических реакций).
47. Связь между средней энергией фотонов и температурой черного излучения. Формула Стефана – Больцмана. Связь концентрации фотонов и температуры. Связь длины волны реликтовых фотонов и масштаба  $a(t)$  Вселенной.
48. Сценарий поведения излучения в расширяющейся Вселенной от Большого взрыва до наших дней.
49. Наблюдаемая анизотропия реликтового излучения. Ее интерпретация.
50. Как изменялось в процессе эволюции Вселенной соотношение плотностей энергии излучения и вещества?
  
5. Процессы в ранней Вселенной (интервал температур 1012-1013). Первые несколько минут в рамках стандартной модели
51. Можно ли утверждать, что состав вещества во Вселенной один и тот же во все моменты ее эволюции?
52. Сколь горяча должна быть космическая среда во Вселенной, чтобы энергии излучения могли рождаться частицы? Пороговые температуры для рождения частиц.
53. Частицы и античастицы. Классификация частиц. Лептоны, кварки, переносчики взаимодействий.
54. Как температура космической среды связана с размером Вселенной в процессе ее эволюции?
55. Какие реперные точки в шкале температур космической среды можете назвать и чем они выделены?
56. Эра электрон-позитрон-фотонной плазмы, интервал температур, оценка ее длительности.
57. Эра излучения, интервал температур, оценка ее длительности.
58. Пылевидная стадия, интервал температур, оценка ее длительности.
59. Пороговые температуры рождения электрон-позитронных пар, а также других пар.
60. Какие частицы могли присутствовать в больших количествах в разные времена эволюции Вселенной?
61. Чем определяется относительный вклад данного типа частиц в энергию, давление и энтропию космической среды при температурах много выше пороговой для рассматриваемых частиц?
62. Состояла ли Вселенная изначально из равного числа частиц и античастиц?
63. Расчеты параметров космической среды, основанные на известных свойствах вещества и излучения, находящегося в тепловом равновесии.
64. Параметры, определяющие равновесные свойства космической среды. Тензор энергии-импульса для идеальной среды.
65. Законы сохранения. Их роль в расчете свойств систем, находящихся в термодинамическом равновесии.
66. Показать, что заряд, барионное число и лептонное число в единице объема (плотности) меняется обратно пропорционально кубу характерного масштаба Вселенной.
67. Показать, что заряд, барионное число и лептонное число, приходящиеся на один фотон, остаются фиксированными.
  
6. Образование структур во Вселенной
68. Наблюдаемая структура Вселенной.
69. Гравитационная неустойчивость.
70. Типы возмущений однородной среды.
71. Приближение малых возмущений.
72. Об эволюции неоднородностей. Проблема начальных возмущений в расширяющейся Вселенной.
  
7. Проблемы космологии
73. Космология ранней вселенной.
74. Барионная асимметрия. Альтернативная идея симметричной Вселенной.
75. Проблема сингулярностей в космологии и астрофизике.
76. Проблема темной материи.
77. Проблема космологических сил отталкивания.
78. Проблема квантовой теории гравитации.

### 6.3. Типовые контрольные вопросы и задания для промежуточной аттестации

Вопросы к экзамену

1. Параметры, определяющие свойства Вселенной (расстояния, светимости, спектры, лучевые скорости, состав космической среды).
2. Однородность и изотропность Вселенной.



3. Нестационарность Вселенной. Закон Хаббла.
4. Материя во Вселенной.
5. Ограниченность ньютоновской механики. Основополагающие идеи ОТО.
6. Неевклидов континуум. Гауссовы координаты.
7. Уравнение гравитационного поля в отсутствии материи.
8. Уравнения Эйнштейна в общем виде.
9. Ньютоновское приближение.
10. Методика получения уравнений Фридмана из уравнений Эйнштейна.
11. Качественный анализ решений уравнений Фридмана.
12. Динамика Вселенной в Ньютоновском приближении.
13. «Стандартная» космологическая модель.  $\Lambda$ CDM – модель, параметры модели.
14. Предполагаемый сценарий эволюции ранней Вселенной.
15. Первые три минуты после «Большого Взрыва».
16. Первичный нуклеосинтез.
17. Эра излучения.
18. Рекомбинация. Реликтовое излучение.
19. Наблюдаемое распределение материи во Вселенной.
20. Гравитационное приближение.
21. Приближение малых возмущений.
22. Типы возмущений однородной среды.
23. Об эволюции неоднородностей в расширяющейся Вселенной.
24. Космология ранней Вселенной.
25. Проблема начальных возмущений. Мира и антимиря.
26. Вакуумные формы материи.
27. Природа космологических сил отталкивания.
28. Темная материя.
29. Альтернативные модели Вселенной (альтернатива  $\Lambda$ CDM – модели).
30. Черные дыры.

#### 6.4. Критерии оценивания

Экзаменационная оценка ставится на основании письменного и устного ответов по экзаменационному билету.

Экзаменационный билет содержит два теоретических вопроса.

Допускаются выступления студентов на лекциях с докладом по одной теме из лекций рабочей программы. В этом случае, студент сдает реферат по данной теме. Если реферат сдан успешно, то на экзамене достаточно ответить на один вопрос из двух.

Реферат выполнен положительно, если:

- реферат соответствует всем требованиям к содержанию и оформлению (требования указаны далее);
- реферат содержит полное раскрытие темы, логически построен правильно.

Для получения оценки «отлично» на экзамене студент должен продемонстрировать отличное знание материала, как лекционных занятий, так и тем, выносимых на самостоятельное обучение, ответив на оба вопроса билета, воспроизведя соответствующие математические выкладки и логические рассуждения.

Для получения оценки «хорошо» студент должен ответить на оба вопроса билета, но при этом допускаются негрубые ошибки при выводе формул или отсутствие некоторых элементов вывода.

Для получения оценки «удовлетворительно» студент должен ответить на оба вопроса билета, сформулировав основные понятия, законы и результаты, но, не проведя их вывод.

Оценка «неудовлетворительно» ставится, если не выполнены указанные выше требования.

## 7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

### 7.1. Рекомендуемая литература

#### 7.1.1. Основная литература

	Авторы, составители	Заглавие	Издательство, год	Ресурс
Л1.1	Зельдович Я. Б., Новиков И. Д.	Строение и эволюция Вселенной: научная литература ( <a href="https://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=45416">https://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=45416</a> )	Москва : Наука, 1975	ЭБС
Л1.2	Алексеев С. О., Памятных Е. А., Урсулов А. В., Третьякова Д. А., Ранну К. А.	Введение в общую теорию относительности, ее современное развитие и приложения: учебное пособие ( <a href="https://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=482208">https://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=482208</a> )	Москва : Флинта Уральский федеральный университет (УрФУ), 2017	ЭБС



	Авторы, составители	Заглавие	Издательство, год	Ресурс
Л1.3	Гриб А. А.	Основные представления современной космологии: учебное пособие ( <a href="https://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=68861">https://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=68861</a> )	Москва : Физматлит, 2008	ЭБС
Л1.4	Лукаш В. Н., Михеева Е. В.	Физическая космология: научная литература ( <a href="https://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=82900">https://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=82900</a> )	Москва : Физматлит, 2010	ЭБС

#### 7.1.2. Дополнительная литература

	Авторы, составители	Заглавие	Издательство, год	Ресурс
Л2.1	Бёрке У.	Пространство-время, геометрия, космология: учебное пособие ( <a href="https://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=45405">https://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=45405</a> )	Москва : Мир, 1985	ЭБС
Л2.2	Гинзбург В. Л.	Теоретическая физика и астрофизика: дополнительные главы: научная литература ( <a href="https://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=481268">https://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=481268</a> )	Москва : Наука, 1981	ЭБС
Л2.3	Ландау Л. Д., Лифшиц Е. М.	Краткий курс теоретической физики: курс лекций ( <a href="https://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=492422">https://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=492422</a> )	Москва : Наука, 1969	ЭБС

#### 7.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет"

Э1	Лань [Электронный ресурс] : электронно-библиотечная система (ЭБС) / издательство Лань. – URL: <a href="http://e.lanbook.com/">http://e.lanbook.com/</a>
Э2	Университетская библиотека онлайн [Электронный ресурс] : электронно-библиотечная система (ЭБС) / ООО Директмедиа Паблишинг. – URL: <a href="http://biblioclub.ru/">http://biblioclub.ru/</a>
Э3	Юрайт [Электронный ресурс] : электронно-библиотечная система (ЭБС) / издательство Юрайт. – URL: <a href="https://biblio-online.ru">https://biblio-online.ru</a>
Э4	Znanium.com [Электронный ресурс] : электронно-библиотечная система (ЭБС) / Научно-издательский центр ИНФРА-М. – URL: <a href="http://znanium.com/">http://znanium.com/</a>
Э5	eLIBRARY.RU [Электронный ресурс] : электронная библиотека / Науч. электрон. б-ка. – URL: <a href="http://elibrary.ru/defaultx.asp">http://elibrary.ru/defaultx.asp</a>

#### 7.3 Перечень информационных технологий

##### 7.3.1 Программное обеспечение

MS Office365
Adobe Reader
LMS Moodle
Adobe Connect Acrobat

##### 7.3.2 Профессиональные базы данных и информационно-справочные системы

1. Электронный каталог научной библиотеки ЧелГУ [Электронный ресурс] : база данных / Челяб. гос. ун-т. – URL: <a href="http://library.csu.ru/ru/">http://library.csu.ru/ru/</a> - Челябинск, 1992.
2. APS JOURNALS. Physical Review Letters, Physical Review X, Physical Review, and Reviews of Modern Physics : журналы American Physical Society : сайт. – URL: <a href="http://journals.aps.org/about">http://journals.aps.org/about</a> – Яз. англ. – Режим доступа: только из сети университета. – Текст : электронный.
3. Web of Science : мультидисциплинарная реферативная база данных / компания Thomson Reuters. – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей ЧелГУ. – Текст : электронный.
4. Scopus : реферативная база данных / Elsevier BV. – URL: <a href="http://www.scopus.com/">http://www.scopus.com/</a> – Яз. англ. – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей ЧелГУ. – Текст : электронный.
5. Springer Link : [сайт]. – URL: <a href="http://link.springer.com/">http://link.springer.com/</a> – Яз. англ. – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей ЧелГУ. – Текст : электронный.

#### 8. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Для реализации дисциплины используются учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа, семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, а также помещения для самостоятельной работы.

Учебные аудитории укомплектованы специализированной мебелью и техническими средствами обучения - мультимедийным оборудованием (экран, ноутбук, проектор, колонки).



Для проведения занятий лекционного типа предлагаются наборы демонстрационного оборудования и учебно-наглядных пособий (мультимедийные презентации).

Используются аудитория №205 - читальный зал №3 (учебный корпус №1) и аудитория №206 - электронный читальный зал (специализированный медицентр) (учебный корпус №1) для самостоятельной работы студента, оснащенные персональными компьютерами, мультимедийной аппаратурой. В аудиториях обеспечен доступ к различной справочной литературе, энциклопедиям, библиографическим и полнотекстовым базам данных, информационным ресурсам «Интернет».

#### 9. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Освоение содержания учебной дисциплины осуществляется на лекциях, практических занятиях и в процессе самостоятельной учебной деятельности студентов.

Лекционные занятия обеспечивают теоретическое изучение дисциплины. Основными методами обучения являются информационно-объяснительный и проблемный. На лекциях излагается основное содержание тем программы, проводится анализ основных понятий и рассматриваются примеры.

Лекционный материал является важным, но не единственным для усвоения учебной дисциплины. Его обязательно необходимо дополнить материалом основной и дополнительной литературы по теме.

Практические занятия служат для закрепления теоретических основ, излагаемых в лекциях. На практических занятиях обучаемые овладевают основными методами и приемами решения задач. Для проведения текущего и промежуточного контроля проводится контрольная работа и защиты задач по каждой теме практических занятий. Защита задач по теме подразумевает решение задач из предложенного списка задач и умение объяснить ход решения 1-2 задач из темы. Система контрольных мероприятий должна обеспечивать объективную оценку знаний и навыков студентов, способствовать повышению эффективности всех видов учебных занятий, включая и самостоятельную работу.

Важным моментом при изучении любой дисциплины является организация самостоятельной работы. При освоении материала не следует стремиться к механическому запоминанию приведенных определений, формулировок и положений, если требования к Вам прямо не указывают на это. Вполне эффективной может оказаться попытка понять суть явления, выработать свое отношение к нему, опираясь на материал, содержащийся в рекомендованной литературе. Также рекомендуется равномерно распределять нагрузку самостоятельного обучения в течение семестра.

В случае применения при обучении дисциплины электронного обучения, дистанционных образовательных технологий общение обучающихся и преподавателя осуществляется в режиме реального времени (онлайн-лекции (вебинары), чаты, видео-конференции и др.) или отложенного времени (система дистанционного обучения Moodle, MS Office365, форумы, электронная почта и др.).

При обучении инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья электронное обучение, дистанционные образовательные технологии предусматривают возможность приема-передачи информации в доступных для них формах.

Реализация дисциплины с применением электронного обучения, дистанционных образовательных технологий (далее – ЭО, ДОТ) осуществляется на основании «Положения о реализации основных и дополнительных образовательных программ с применением электронного обучения и дистанционных образовательных технологий в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Челябинский государственный университет», «Положения о порядке зачета обучающимися по основным профессиональным образовательным программам высшего образования в ФГБОУ ВО «ЧелГУ» результатов освоения в организациях, осуществляющих образовательную деятельность, учебных предметов, курсов, дисциплин (модулей), практик, дополнительных образовательных программ» посредством электронной информационно-образовательной среды ФГБОУ ВО «ЧелГУ». В исключительных случаях (форс-мажор и т.п.) при реализации образовательной деятельности с применением ЭО, ДОТ могут применяться компоненты, не входящие в перечень электронной информационно-образовательной среды.

#### 10. СПЕЦИАЛЬНЫЕ УСЛОВИЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ ОБУЧАЮЩИМИСЯ С ИНВАЛИДНОСТЬЮ И ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ

Освоение дисциплины инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья осуществляется с использованием специальных технических средств и ассистивных информационных технологий, предоставляемых Ресурсным учебно-методическим центром по обучению инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья ЧелГУ по запросу обучающегося.

1. Мобильные специальные технические средства для лиц с нарушениями зрения: портативный компьютер с вводом/выводом шрифтом Брайля с синтезатором речи «EIBraile-W14J G2»; ноутбуки с программной экранного доступа NVDA; электронные увеличители для удаленного просмотра; видеоувеличители портативные; тифлоплеер; цифровые диктофоны.



2. Мобильные специальные технические средства для лиц с нарушениями слуха: система свободного звукового поля со встроенной совместимостью с FM-устройствами; радиоклассы «Сонет-PCM» с передатчиком, заушным индуктором и индукционной петлей; система информационная для слабослышащих переносная «Исток» А2 со встроенным плеером – звуковым информатором; документ-камера; программируемые слуховые аппараты индивидуального пользования.

3. Ассистивные информационные технологии: программное обеспечение экранного доступа с синтезом речи NVDA; программы экранного увеличения; программы речевого синтеза для компьютеров и ноутбуков; программы речевого синтеза для мобильных устройств; экранная клавиатура; экранная лупа.

При необходимости для обучающихся с нарушениями зрения на рабочих местах для проведения практических или лабораторных занятий устанавливается специальное программное обеспечение (программа речевой навигации NVDA, речевые синтезаторы, экранные лупы).

В учебные аудитории обеспечивается беспрепятственный доступ для обучающихся инвалидов и обучающихся с ограниченными возможностями здоровья. В каждой аудитории, где обучаются инвалиды и лица с ограниченными возможностями здоровья, предусматривается соответствующее количество мест для обучающихся с учетом нарушений их здоровья.

Для освоения дисциплины инвалидам и лицам с ограниченными возможностями здоровья предоставляется доступ к печатным источникам, имеющимся в научной библиотеке ЧелГУ, с помощью специальных технических средств; доступ к электронным источникам, представленным в форме электронного документа в фонде научной библиотеки ЧелГУ или электронно-библиотечных системах, с помощью специальных технических и программных средств (рабочее место для незрячего пользователя с программным обеспечением экранного доступа с синтезом речи NVDA, рабочее место с компьютерным роллером и клавиатурой Clevy с большими кнопками и с разделяющей клавиши накладкой).

Учебно-методические материалы для обучающихся из числа инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья предоставляются в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации:

Для лиц с нарушениями зрения:

- в печатной форме увеличенным шрифтом,
- в форме электронного документа,
- в форме аудиофайла,
- в печатной форме шрифтом Брайля.

Для лиц с нарушениями слуха:

- в печатной форме,
- в форме электронного документа.

Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:

- в печатной форме,
- в форме электронного документа,
- в форме аудиофайла.

Данный перечень может быть конкретизирован в зависимости от контингента обучающихся.

Для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья освоение дисциплины может быть частично или полностью осуществлено с использованием дистанционных образовательных технологий.

При проведении процедуры оценивания результатов обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья по дисциплине обеспечивается выполнение следующих дополнительных требований в зависимости от индивидуальных особенностей, обучающихся:

- а) доступная форма предоставления инструкции по порядку проведения процедуры оценивания (устно, в письменной форме, в письменной форме шрифтом Брайля, устно с использованием услуг сурдопереводчика);
- б) доступная форма предоставления заданий оценочных средств (в печатной форме, в печатной форме увеличенным шрифтом, в печатной форме шрифтом Брайля, в форме электронного документа, задания зачитываются ассистентом, задания предоставляются с использованием сурдоперевода);
- в) доступная форма предоставления ответов на задания (письменно на бумаге, набор ответов на компьютере, письменно шрифтом Брайля, с использованием услуг ассистента, устно).

При проведении процедуры оценивания результатов обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья предусматривается использование технических средств, необходимых им в связи с их индивидуальными особенностями. Эти средства могут быть предоставлены ЧелГУ или могут использоваться собственные технические средства. При необходимости инвалидам и лицам с ограниченными возможностями здоровья предоставляется дополнительное время для подготовки ответа на задания, процедура оценивания результатов обучения по дисциплине может проводиться в несколько этапов.

Проведение процедуры оценивания результатов обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья допускается с использованием дистанционных образовательных технологий.

