

**Федеральное государственное автономное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Московский физико-технический институт  
(национальный исследовательский университет)»**

**УТВЕРЖДЕНО**

**и.о. директора физтех-школы  
физики и исследований им.  
Ландау**

**А.А. Воронов**

	<b>Рабочая программа дисциплины (модуля)</b>
<b>по дисциплине:</b>	Введение в космологию
<b>по направлению:</b>	Прикладные математика и физика
<b>профиль подготовки:</b>	Общая и прикладная физика Физтех-школа физики и исследований им. Ландау кафедра проблем физики и астрофизики
<b>курс:</b>	3
<b>квалификация:</b>	бакалавр

Семестр, формы промежуточной аттестации: 6 (весенний) - Экзамен

Аудиторных часов: 30 всего, в том числе:

лекции: 15 час.

семинары: 15 час.

лабораторные занятия: 0 час.

Самостоятельная работа: 30 час.

Подготовка к экзамену: 30 час.

Всего часов: 90, всего зач. ед.: 2

Программу составил: В.А. Сирота, канд. физ.-мат. наук

Программа обсуждена на заседании кафедры проблем физики и астрофизики 04.06.2020

## Аннотация

Курс «Введение в космологию» имеет целью ознакомление студентов с основными достижениями в этой области науки, с современным её состоянием, и одновременно с базовыми методами работы физика-теоретика. Основной акцент сделан на космологических приложениях теории относительности и на физических процессах эпохи рекомбинации. Большое внимание уделяется самостоятельной работе студентов: важной частью курса является предлагаемый им в начале семестра набор задач, существенную часть которого необходимо решить для получения зачета.

### 1. Цели и задачи

#### Цель дисциплины

- получение студентами фундаментальных знаний в области основ космологии, изучение существующих источников информации о строении и эволюции Вселенной, а также освоение навыков практического применения теоретических знаний при решении задач.

#### Задачи дисциплины

- формирование базовых знаний в области космологии и астрофизики как дисциплины, интегрирующей общефизическую и общетеоретическую подготовку физиков;
- обучение студентов принципам применения общей теории относительности и общей физики при решении космологических задач;
- формирование подходов к выполнению исследований студентами в области космологии и астрофизики в рамках выпускных работ на степень бакалавра.

### 2. Перечень формируемых компетенций

Освоение дисциплины направлено на формирование следующих компетенций:

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции
УК-1 Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач	УК-1.1 Анализирует задачу, выделяя этапы ее решения, действия по решению задачи
	УК-1.2 Находит, критически анализирует и выбирает информацию, необходимую для решения поставленной задачи
	УК-1.3 Рассматривает различные варианты решения задачи, оценивает их преимущества и недостатки
	УК-1.4 Грамотно, логично, аргументированно формирует собственные суждения и оценки
УК-6 Способен управлять своим временем, выстраивать и реализовывать траекторию саморазвития на основе принципов образования в течение всей жизни	УК-6.1 Определяет приоритеты профессиональной деятельности и способы ее совершенствования на основе самооценки
	УК-6.2 Способен планировать самостоятельную деятельность в решении профессиональных задач; подвергать критическому анализу проделанную работу; находить и творчески использовать имеющийся опыт в соответствии с задачами саморазвития
ОПК-1 Способен применять фундаментальные знания, полученные в области физико-математических и (или) естественных наук, и использовать их в профессиональной деятельности	ОПК-1.1 Способен анализировать поставленную задачу, намечать пути ее решения
	ОПК-1.2 Способен строить математические модели, производить количественные расчеты и оценки
	ОПК-1.3 Способен определять границы применимости полученных результатов
ОПК-2 Способен использовать современные информационные технологии и программные средства при решении задач профессиональной деятельности, соблюдая требования информационной безопасности	ОПК-2.1 Способен применять современные вычислительную технику и сервисы сети Интернет в области (сфере) профессиональной деятельности

ОПК-3 Способен составлять и оформлять научные и (или) технические (технологические, инновационные) отчеты (публикации, проекты)	ОПК-3.3 Владеет методами визуального и графического представления результатов научной (научно-технической, инновационной технологической) деятельности в виде отчетов, научных публикаций
ОПК-4 Способен осуществлять сбор и обработку научно-технической и (или) технологической информации для решения фундаментальных и прикладных задач	ОПК-4.1 Владеет методами научного поиска и интеллектуального анализа информации при решении задач профессиональной деятельности
ОПК-5 Способен участвовать в проведении фундаментальных и прикладных исследований и разработок, самостоятельно осваивать новые теоретические, в том числе, математические методы исследований, и работать на современной экспериментальной научно-исследовательской, измерительно-аналитической и технологической аппаратуре	ОПК-5.1 Способен решать поставленные задачи в области теоретических и экспериментальных исследований и разработок
	ОПК-5.2 Обладает способностью к освоению новых знаний на основе изучения литературы, научных статей и других источников
ПК-1 Способен планировать и проводить научные эксперименты (в избранной предметной области) и (или) теоретические (аналитические и имитационные) исследования	ПК-1.1 Владеет фундаментальными понятиями, законами и теориями современной физики
	ПК-1.2 Имеет глубокое знание и понимание базовых математических дисциплин
	ПК-1.3 Владеет культурой постановки научной задачи и моделирования естественнонаучных объектов и систем
	ПК-1.4 Умеет строить математические модели для описания и исследования процессов и явлений в соответствующих научных областях
ПК-2 Способен анализировать полученные в ходе научно-исследовательской работы данные и делать научные выводы (заключения)	ПК-2.2 Умеет находить ключевые параметры, определяющие изучаемое явление, и производить численные оценки по порядку величины
	ПК-2.3 Способен представлять научные утверждения, их обоснования и доказательства, научные проблемы и их решения ясно и точно в терминах, понятных для профессиональной аудитории, в письменной и устной форме

### 3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

- ☐ современные проблемы космологии;
- ☐ место и роль общих вопросов науки в научных исследованиях;
- ☐ теоретические модели фундаментальных процессов и явлений в космологии
- ☐ принципы симметрии и законы сохранения;
- ☐ новейшие открытия в области космологии;
- ☐ постановку проблем космологии и общей теории относительности;
- ☐ о взаимосвязях и фундаментальном единстве естественных наук.

уметь:

- ☐ эффективно использовать на практике теоретические компоненты науки: понятия, суждения, умозаключения, законы;
- ☐ представить панораму универсальных методов и законов современного естествознания;
- ☐ абстрагироваться от несущественных влияний при моделировании реальных физических ситуаций.

владеть:

- ☐ научной картиной мира;
- ☐ основными понятиями и методами теории относительности и теоретической физики в целом;
- ☐ навыками самостоятельной работы по решению задач;
- ☐ математическим моделированием физических задач.

#### 4. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий

##### 4.1. Разделы дисциплины (модуля) и трудоемкости по видам учебных занятий

№	Тема (раздел) дисциплины	Трудоемкость по видам учебных занятий, включая самостоятельную работу, час.			
		Лекции	Семинары	Лаборат. работы	Самост. работа
1	Введение. Объекты, масштабы. Способы измерения расстояний. Иерархическая структура. Хаббловское расширение	1	1		3
2	Геометрия Вселенной. Космологический принцип. Метрика Робертсона-Уокера. Красное смещение	2	2		3
3	Уравнения Эйнштейна. Космологические решения. Модели Фридмана. Космологическая постоянная. Горизонты. Модель с темной энергией. Наблюдательные подтверждения. Подсчеты источников	2	2		3
4	Космологическая постоянная	1	1		3
5	Инфляция	1	1		3
6	Рекомбинация и реликтовое излучение	2	2		3
7	Анизотропия реликта	2	2		4
8	Нуклеосинтез. Температурная история Вселенной	2	2		4
9	Рост флуктуаций в расширяющейся Вселенной. Образование галактик	2	2		4
Итого часов		15	15		30
Подготовка к экзамену		30 час.			
Общая трудоёмкость		90 час., 2 зач.ед.			

##### 4.2. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам)

Семестр: 6 (Весенний)

1. Введение. Объекты, масштабы. Способы измерения расстояний. Иерархическая структура. Хаббловское расширение

Объекты, изучаемые космологией. Их основные характеристики и традиционные методы определения этих характеристик.

Построение наглядной модели расширения Вселенной в рамках Ньютоновской механики. Физический смысл и проявления Хаббловского потока. Иерархическая структура.

2. Геометрия Вселенной. Космологический принцип. Метрика Робертсона-Уокера. Красное смещение

Математическая формулировка космологического принципа. Изотриии и форминвариантность. Векторы Киллинга. Метрика Робертсона-Уокера как следствие космологического принципа. Красное смещение: вывод из метрики РУ.

3. Уравнения Эйнштейна. Космологические решения. Модели Фридмана. Космологическая постоянная. Горизонты. Модель с темной энергией. Наблюдательные подтверждения. Подсчеты источников

Формулировка уравнений Эйнштейна для метрики Робертсона-Уокера. Закон сохранения энергии. Общие свойства решений при различных уравнениях состояния. Фридмановские космологические модели. Открытая и замкнутая вселенные.

#### 4. Космологическая постоянная

Квинтэссенция, темная энергия, космологическая постоянная: смысл этих понятий и связь между ними. Влияние на космологические модели. Горизонты частиц и событий. Наблюдения сверхновых Ia и подсчеты источников как свидетельства в пользу моделей с темной энергией

#### 5. Инфляция

Инфляция. Уравнение состояния. Аргументы за инфляцию. Основные понятия космологической теории инфляции

#### 6. Рекомбинация и реликтовое излучение

Происхождение реликтового излучения. Преобразование спектра при свободном расширении. Горячая Вселенная. Формула Саха. Уточнения в теории рекомбинации. Отклонения от формулы Саха в расширяющейся Вселенной. Искривление планковского спектра. Природа и свойства реликтового излучения. Связь с рекомбинацией водорода в ранней Вселенной. Энтропия. Равновесное приближение для рекомбинации. Влияние расширения Вселенной на процесс рекомбинации. Задача Курта-Зельдовича-Сюняева: двухфотонная рекомбинация.

#### 7. Анизотропия реликта

Дипольная и мелкомасштабная анизотропия. Допплеровские пики. Поляризация. Дополнительные механизмы, влияющие на анизотропию. Эффект Сакса-Вольфа. Затухание Силка. Эксперименты по обнаружению анизотропии реликта. Смысл измеряемых коэффициентов и наблюдаемых пиков. Связь наблюдаемой анизотропии с флуктуациями на сфере последнего рассеяния. Коротковолновый и длинноволновый края спектра реликтового излучения. Влияние переменного гравитационного поля скоплений на частоту реликтового фотона; влияние конечности скорости звука непосредственно перед рекомбинацией. Оценка влияния реионизации на реликтовое излучение. История открытия эффекта Зельдовича-Сюняева и его применение в исследованиях скоплений галактик.

#### 8. Нуклеосинтез. Температурная история Вселенной

Синтез гелия в ранней Вселенной. Сравнительные оценки нуклеосинтеза в ранней Вселенной и в звездах. Эффект «Бутылочного горлышка».

#### 9. Рост флуктуаций в расширяющейся Вселенной. Образование галактик

Теория Джинса. Нерелятивистская теория роста флуктуаций в стационарной и в расширяющейся Вселенной. Доказательство необходимости существования «затравок» при образовании галактик.

## **5. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)**

Учебная аудитория, оснащенная доской. Компьютер и мультимедийное оборудование (проектор).

## **6.Перечень рекомендуемой литературы**

### **Основная литература**

1. Теоретическая физика [Текст] : в 10 т. Т. 2 : Теория поля : учеб. пособие для вузов / Л. Д. Ландау, Е. М. Лифшиц ; под. ред. Л. П. Питаевского .— 8-е изд., стереотип. — М. : Физматлит, 2001, 2003, 2006, 2012, 2014 .— 536 с.
2. Строение и эволюция Вселенной [Текст]/Я. Б. Зельдович, И. Д. Новиков, -М., Наука, 1975
3. С.Вайнберг. Гравитация и космология. - М.: Мир, 1975.
4. Ф.Дж.Э.Пиблс. Структура Вселенной в больших масштабах. - М.: Мир, 1983.
5. Ишханов, Капитонов, Тутьнь. Нуклеосинтез во Вселенной - М.: Изд.-во МГУ, 1999.

### **Дополнительная литература**

1. Perlmutter et al. Ap.J. 517, 565 (1999) – космологическая постоянная.
2. Чернин А.Д. УФН 171(11), 1153-1175 (2001).
3. Курт, Зельдович, Сюняев. ЖЭТФ 55(1) 278 (1968) - рекомбинация.
4. Zeldovich, Sunyaev. Comments on Astrophys. and Space Phys. v.2, 173 (1970) -эффект Зельдовича-Сюняева.
5. J.Silk. Ap.J. 151, 459 (1968).
6. S.Weinberg. Ap.J. 168, 175 (1971) - затухание Силка.
7. Sachs, Wolfe. Aph.J. 147, 73 (1967) - эффект Сакса-Вольфа.
8. P.de Bernardis et al. astro-ph/0011468 - наблюдения анизотропии реликта.
9. Г. С. Бисноватый-Коган Релятивистская астрофизика и физическая космология М,Красанд 2011.

## **7. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины (модуля)**

Информационные ресурсы: журналы ЖЭТФ, УФН, Astrophysical Journal, Physical Review, Physical Review Letters и др., доступные через Internet научные и научно-технические журналы: <http://scitation.aip.org/>, <http://www.sciencemag.org>.

Электронный архив <http://arxiv.org/>

## **8. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень необходимого программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)**

На лекционных занятиях используются мультимедийные технологии, включая демонстрацию презентаций.

В процессе самостоятельной работы обучающихся возможно использование таких программных средств, как Mathcad, Scilab и др.

## **9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)**

Студент, изучающий дисциплину, должен, с одной стороны, овладеть общим понятийным аппаратом, а с другой стороны, должен научиться применять теоретические знания на практике. В результате изучения дисциплины студент должен знать основные определения и понятия, уметь применять полученные знания для решения различных задач.

Успешное освоение курса требует:

- посещения всех занятий, предусмотренных учебным планом по дисциплине;
- ведения конспекта занятий;
- напряжённой самостоятельной работы студента.

Самостоятельная работа включает в себя:

- чтение рекомендованной литературы;
- проработку учебного материала, подготовку ответов на вопросы, предназначенных для самостоятельного изучения;
- решение задач, предлагаемых студентам на занятиях;
- подготовку к выполнению заданий текущей и промежуточной аттестации.

Показателем владения материалом служит умение без конспекта отвечать на вопросы по темам дисциплины.

Важно добиться понимания изучаемого материала, а не механического его запоминания. При затруднении изучения отдельных тем, вопросов, следует обращаться за консультациями к преподавателю.

Возможен промежуточный контроль знаний студентов в виде решения задач в соответствии с тематикой занятий.

**ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)**

<b>по направлению:</b>	Прикладные математика и физика
<b>профиль подготовки:</b>	Общая и прикладная физика Физтех-школа физики и исследований им. Ландау кафедра проблем физики и астрофизики
<b>курс:</b>	3
<b>квалификация:</b>	бакалавр

Семестр, формы промежуточной аттестации: 6 (весенний) - Экзамен

**Разработчик:** В.А. Сирота, канд. физ.-мат. наук



## 1. Компетенции, формируемые в процессе изучения дисциплины

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции
УК-1 Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач	УК-1.1 Анализирует задачу, выделяя этапы ее решения, действия по решению задачи
	УК-1.2 Находит, критически анализирует и выбирает информацию, необходимую для решения поставленной задачи
	УК-1.3 Рассматривает различные варианты решения задачи, оценивает их преимущества и недостатки
	УК-1.4 Грамотно, логично, аргументированно формирует собственные суждения и оценки
УК-6 Способен управлять своим временем, выстраивать и реализовывать траекторию саморазвития на основе принципов образования в течение всей жизни	УК-6.1 Определяет приоритеты профессиональной деятельности и способы ее совершенствования на основе самооценки
	УК-6.2 Способен планировать самостоятельную деятельность в решении профессиональных задач; подвергать критическому анализу проделанную работу; находить и творчески использовать имеющийся опыт в соответствии с задачами саморазвития
ОПК-1 Способен применять фундаментальные знания, полученные в области физико-математических и (или) естественных наук, и использовать их в профессиональной деятельности	ОПК-1.1 Способен анализировать поставленную задачу, намечать пути ее решения
	ОПК-1.2 Способен строить математические модели, производить количественные расчеты и оценки
	ОПК-1.3 Способен определять границы применимости полученных результатов
ОПК-2 Способен использовать современные информационные технологии и программные средства при решении задач профессиональной деятельности, соблюдая требования информационной безопасности	ОПК-2.1 Способен применять современные вычислительную технику и сервисы сети Интернет в области (сфере) профессиональной деятельности
ОПК-3 Способен составлять и оформлять научные и (или) технические (технологические, инновационные) отчеты (публикации, проекты)	ОПК-3.3 Владеет методами визуального и графического представления результатов научной (научно-технической, инновационной технологической) деятельности в виде отчетов, научных публикаций
ОПК-4 Способен осуществлять сбор и обработку научно-технической и (или) технологической информации для решения фундаментальных и прикладных задач	ОПК-4.1 Владеет методами научного поиска и интеллектуального анализа информации при решении задач профессиональной деятельности
ОПК-5 Способен участвовать в проведении фундаментальных и прикладных исследований и разработок, самостоятельно осваивать новые теоретические, в том числе, математические методы исследований, и работать на современной экспериментальной научно-исследовательской, измерительно-аналитической и технологической аппаратуре	ОПК-5.1 Способен решать поставленные задачи в области теоретических и экспериментальных исследований и разработок
	ОПК-5.2 Обладает способностью к освоению новых знаний на основе изучения литературы, научных статей и других источников
ПК-1 Способен планировать и проводить научные эксперименты (в избранной предметной области) и (или) теоретические (аналитические и имитационные) исследования	ПК-1.1 Владеет фундаментальными понятиями, законами и теориями современной физики
	ПК-1.2 Имеет глубокое знание и понимание базовых математических дисциплин
	ПК-1.3 Владеет культурой постановки научной задачи и моделирования естественнонаучных объектов и систем
	ПК-1.4 Умеет строить математические модели для описания и исследования процессов и явлений в соответствующих научных областях

ПК-2 Способен анализировать полученные в ходе научно-исследовательской работы данные и делать научные выводы (заключения)	ПК-2.2 Умеет находить ключевые параметры, определяющие изучаемое явление, и производить численные оценки по порядку величины
	ПК-2.3 Способен представлять научные утверждения, их обоснования и доказательства, научные проблемы и их решения ясно и точно в терминах, понятных для профессиональной аудитории, в письменной и устной форме

## 2. Показатели оценивания компетенций

В результате изучения дисциплины «Введение в космологию» обучающийся должен:

### знать:

- ☐ современные проблемы космологии;
- ☐ место и роль общих вопросов науки в научных исследованиях;
- ☐ теоретические модели фундаментальных процессов и явлений в космологии
- ☐ принципы симметрии и законы сохранения;
- ☐ новейшие открытия в области космологии;
- ☐ постановку проблем космологии и общей теории относительности;
- ☐ о взаимосвязях и фундаментальном единстве естественных наук.

### уметь:

- ☐ эффективно использовать на практике теоретические компоненты науки: понятия, суждения, умозаключения, законы;
- ☐ представить панораму универсальных методов и законов современного естествознания;
- ☐ абстрагироваться от несущественных влияний при моделировании реальных физических ситуаций.

### владеть:

- ☐ научной картиной мира;
- ☐ основными понятиями и методами теории относительности и теоретической физики в целом;
- ☐ навыками самостоятельной работы по решению задач;
- ☐ математическим моделированием физических задач.

## 3. Перечень типовых (примерных) вопросов, заданий, тем для подготовки к текущему контролю

Примеры задач из домашнего задания:

1. Когда мы впервые увидели бы квазар, который сейчас видим при  $z=10$ , если бы он светил всегда? (в материально доминированной плоской вселенной)
2. Мы наблюдаем одну и ту же галактику долгое время. Как изменяется ее красное смещение со временем? Нарисовать график. (Во вселенной де Ситтера; плоской материально доминированной; радиационно доминированной.)
3. Имеется набор галактик одинакового размера на разных расстояниях ( $z$ ) от нас. Как зависит от  $z$  угловой диаметр галактики в метрике де Ситтера? в плоской материально доминированной вселенной?

## 4. Перечень типовых (примерных) вопросов и тем для проведения промежуточной аттестации обучающихся

Перечень контрольных вопросов:

1. Что такое постоянная Хаббла, чему она равна?
2. Что такое космологическая инфляция?
3. Причины возникновения реликтового излучения
4. Современная температура реликта. Какой она была в момент рекомбинации?
5. Зависимость температуры реликтового излучения от времени.
6. Существует ли (конечный) горизонт частиц в материально-доминированной вселенной; в радиационно-доминированной вселенной; во вселенной де Ситтера; в нашей вселенной?

Примеры контрольных заданий:

1. Оценить время жизни Вселенной
2. Имеются 2 галактики с одинаковым красным смещением  $z$  по разные стороны от нас. Видят ли они друг друга? Если да, то с каким красным смещением? Рассмотреть случаи плоской материально доминированной и де Ситтеровской Вселенной.
3. Рассмотреть адиабатическое расширение среды, состоящей из фотонов с небольшой примесью вещества, достаточной для поддержания термодинамического равновесия. Как по мере расширения меняется температура?
4. Учесть в задании 3 поправки, связанные с давлением и кинетической энергией вещества.
5. Предположим, что температура реликтового излучения оказалась в 10 раз меньше, чем это есть на самом деле (а плотность вещества - та же). Оцените количественно, как отличались бы от действительных температура и красное смещение рекомбинации? А если бы температура реликта была меньше в 104 раз?

Примеры экзаменационных билетов:

Билет 1.

1. Космологическая постоянная
2. Рост флуктуаций в расширяющейся Вселенной

Билет 2.

1. Метрика Робертсона-Уокера как следствие космологического принципа.
2. Теория инфляции

Билет 3.

1. Отклонения от формулы Саха в расширяющейся Вселенной.
2. Наблюдательные подтверждения существования темной энергии.

Билет 4.

1. Математическая формулировка космологического принципа.
2. Гравитационные линзы и микролинзирование.

Билет 5.

1. Связь наблюдаемой анизотропии с флуктуациями на сфере последнего рассеяния.
2. Аргументы «за» темную материю.

## Критерии оценивания

Оценка "отлично" (10 баллов) выставляется студенту, показавшему всесторонние, систематизированные, глубокие знания учебной программы дисциплины, проявляющему интерес к данной предметной области, продемонстрировавшему умение уверенно и творчески применять их на практике при решении конкретных задач, свободное и правильное обоснование принятых решений.

Оценка "отлично" (9 баллов) выставляется студенту, показавшему всесторонние, систематизированные, глубокие знания учебной программы дисциплины и умение уверенно применять их на практике при решении конкретных задач, свободное и правильное обоснование принятых решений.

Оценка "отлично" (8 баллов) выставляется студенту, показавшему всесторонние, систематизированные, глубокие знания учебной программы дисциплины и умение уверенно применять их на практике при решении конкретных задач, правильное обоснование принятых решений, с некоторыми недочётами.

Оценка "хорошо" (7 баллов) выставляется студенту, если он твёрдо знает материал, грамотно и по существу излагает его, умеет применять полученные знания на практике, но недостаточно грамотно обосновывает полученные результаты.

Оценка "хорошо" (6 баллов) выставляется студенту, если он твёрдо знает материал, грамотно и по существу излагает его, умеет применять полученные знания на практике, но допускает в ответе или в решении задач некоторые неточности.

Оценка "хорошо" (5 баллов) выставляется студенту, если он в основном знает материал, грамотно и по существу излагает его, умеет применять полученные знания на практике, но допускает в ответе или в решении задач достаточно большое количество неточностей.

Оценка "удовлетворительно" (4 балла) выставляется студенту, показавшему фрагментарный, разрозненный характер знаний, недостаточно правильные формулировки базовых понятий, нарушения логической последовательности в изложении программного материала, но при этом он освоил основные разделы учебной программы, необходимые для дальнейшего обучения, и может применять полученные знания по образцу в стандартной ситуации.

Оценка "удовлетворительно" (3 балла) выставляется студенту, показавшему фрагментарный, разрозненный характер знаний, допускающему ошибки в формулировках базовых понятий, нарушения логической последовательности в изложении программного материала, слабо владеет основными разделами учебной программы, необходимыми для дальнейшего обучения и с трудом применяет полученные знания даже в стандартной ситуации.

Оценка "неудовлетворительно" (2 балла) выставляется студенту, который не знает большей части основного содержания учебной программы дисциплины, допускает грубые ошибки в формулировках основных принципов и не умеет использовать полученные знания при решении типовых задач.

Оценка "неудовлетворительно" (1 балл) выставляется студенту, который не знает основного содержания учебной программы дисциплины, допускает грубейшие ошибки в формулировках базовых понятий дисциплины и вообще не имеет навыков решения типовых практических задач.

## **5. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности**

При проведении устного экзамена обучающемуся предоставляется 30 минут на подготовку. Опрос обучающегося по билету на устном экзамене не должен превышать одного астрономического часа.