

**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>	Квантовая хромодинамика
<b>по направлению:</b>	Ядерные физика и технологии
<b>профиль подготовки:</b>	Ядерная физика, УТС и компьютерные методы в физике Физтех-школа физики и исследований им. Ландау кафедра фундаментальных и прикладных проблем физики микромира
<b>курс:</b>	1
<b>квалификация:</b>	магистр

Семестр, формы промежуточной аттестации: 2 (весенний) - Экзамен

Аудиторных часов: 60 всего, в том числе:

лекции: 30 час.

семинары: 30 час.

лабораторные занятия: 0 час.

Самостоятельная работа: 45 час.

Подготовка к экзамену: 30 час.

Всего часов: 135, всего зач. ед.: 3

Программу составил: О.В. Теряев, д-р физ.-мат. наук

Программа обсуждена на заседании кафедры фундаментальных и прикладных проблем физики микромира  
25.05.2020

## Аннотация

Квантовая хромодинамика в настоящее время является фундаментальной теорией сильного взаимодействия. Данный курс содержит изложение основ квантовой хромодинамики и методов теоретического описания различных процессов адронной физики. Курс является углубленным и предназначен для студентов, специализирующихся в области теоретической физики.

### 1. Цели и задачи

#### Цель дисциплины

- освоение студентами фундаментальных знаний в области современной физики элементарных частиц, изучение основ теории сильных взаимодействий и методов теоретического описания различных процессов адронной физики, а также приобретение базовых навыков самостоятельной научно-исследовательской работы.

#### Задачи дисциплины

формирование базовых знаний в области теоретической физики элементарных частиц;  
обучение студентов современным методам теоретического описания различных процессов сильного взаимодействия и навыкам решения сопутствующих задач;  
формирование подходов к выполнению студентами исследований в области теоретической физики в рамках выпускных работ на степень магистра.

### 2. Перечень формируемых компетенций

Освоение дисциплины направлено на формирование следующих компетенций:

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции
ОПК-1 Способен формулировать цели и задачи исследования, выбирать критерии оценки, выявлять приоритеты решения задач	ОПК-1.1 Имеет представление о современном состоянии исследований в рамках тематической области своей профессиональной деятельности
	ОПК-1.3 Владеет систематическими знаниями по направлению деятельности; углубленными знаниями по выбранной направленности подготовки, базовыми навыками проведения научно-исследовательских работ по предложенной теме
ОПК-3 Способен оформлять результаты научно-исследовательской деятельности в виде статей, докладов, научных отчетов и презентаций с использованием систем компьютерной верстки и пакетов офисных программ	ОПК-3.1 Владеет профессиональной терминологией, используемой в современной научно-технической литературе, обладает навыками устного и письменного изложения результатов научной деятельности в рамках профессиональной коммуникации
ПК-1 Способен к созданию теоретических и математических моделей в области ядерной физики и технологий	ПК-1.1 Знает физическое описание явлений и процессов в области ядерной физики и технологий
	ПК-1.2 Умеет создавать теоретические и математические модели в области ядерной физики и технологий
ПК-2 Готов применять методы исследования и расчета процессов, происходящих в современных физических установках и устройствах в области ядерной физики и технологий	ПК-2.1 Знает методы исследования и расчета процессов, происходящих в современных физических установках и устройствах в области ядерной физики и технологий
	ПК-2.2 Умеет рассчитывать и проводить исследования процессов, протекающих в современных физических установках и устройствах в области ядерной физики и технологий
ПК-3 Способен объективно оценить предлагаемое решение или проект по отношению к современному мировому уровню, подготовить экспертное заключение	ПК-3.1 Знает современный уровень развития науки и технологии, профессиональные проблемы в своей предметной области

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

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

лагранжиан квантовой хромодинамики;  
особенности квантования калибровочных теорий;  
правила Фейнмана для квантовой хромодинамики;  
перенормировку в квантовой хромодинамике;  
уравнения ренормализационной группы;  
определение и свойства инвариантного заряда квантовой хромодинамики;  
асимптотическую свободу в квантовой хромодинамике;  
партонную модель, партонные функции распределения и функции фрагментации;  
особенности описания процессов сильного взаимодействия во времениподобной области;  
операторное разложение и вакуумные конденсаты;  
особенности описания мезонов и барионов в рамках потенциального подхода;  
модель мешков;  
уравнения самодуальности, одноинстантонное решение и его свойства.

уметь:

эффективно применять вышеуказанные знания на практике для решения фундаментальных и прикладных научных задач в области современной теоретической физики элементарных частиц.

владеть:

техникой вычисления основных характеристик процессов сильного взаимодействия;  
основными методами регуляризации импульсных интегралов;  
основными схемами вычитания расходимостей;  
методом ренормализационной группы в квантовой хромодинамике;  
методом дисперсионных соотношений;  
методом правил сумм в квантовой хромодинамике;  
техникой описания мезонов в рамках потенциального подхода;  
техникой описания адронов в рамках модели мешков;  
техникой описания топологически нетривиальных полевых конфигураций.

#### 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.	2	2		3
2	Расходимости в квантовой теории поля и их устранение методом перенормировки.	3	3		3
3	Метод ренормализационной группы в квантовой хромодинамике.	2	2		3
4	Инвариантный заряд и асимптотическая свобода в квантовой хромодинамике.	2	2		4
5	Партонная модель.	3	3		4
6	Электрон - позитронная аннигиляция в адроны.	3	3		4
7	Инклюзивный распад тау -лептона в адроны.	3	3		4
8	Вклад сильного взаимодействия в электрослабые процессы.	3	3		4
9	Правила сумм в квантовой хромодинамике.	3	3		4

10	Конфайнмент кварков: потенциальные модели.	2	2		4
11	Конфайнмент кварков: модель мешков.	2	2		4
12	Топологическая структура вакуума в квантовой хромодинамике.	2	2		4
Итого часов		30	30		45
Подготовка к экзамену		30 час.			
Общая трудоёмкость		135 час., 3 зач.ед.			

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

Семестр: 2 (Весенний)

##### 1. Введение.

Введение (часть I).

Предпосылки к созданию квантовой хромодинамики.  $SU(3)$  симметрия в физике адронов и кварковая модель. Квантовое число “цвет”. Неабелевы калибровочные поля. Кварки и глюоны. Локальная калибровочная инвариантность теории. Лагранжиан квантовой хромодинамики. Ковариантные и аксиальные калибровки.

Введение (часть II).

Особенности квантования калибровочных теорий. Представление взаимодействия и матрица рассеяния в квантовой хромодинамике. Общие свойства  $S$ -матрицы. Теоремы Вика. Правила Фейнмана для квантовой хромодинамики.

##### 2. Расходимости в квантовой теории поля и их устранение методом перенормировки.

Техника вычисления петлевых поправок. Методы регуляризации импульсных интегралов. Схемы вычитания расходимостей. Контрчлены и перенормировки. Преобразования Дайсона. Причины расходимостей в квантовой теории поля.

##### 3. Метод ренормализационной группы в квантовой хромодинамике.

Перенормировка в глюодинамике. Метод ренормализационной группы. Инвариантный заряд квантовой хромодинамики. Уравнения ренормгруппы в функциональной и дифференциальной форме.

Ренормгрупповая бета - функция в рамках теории возмущений. Вычисление бета -функции квантовой хромодинамики в однопетлевом приближении.

##### 4. Инвариантный заряд и асимптотическая свобода в квантовой хромодинамике.

Бегущая константа связи сильного взаимодействия на однопетлевом уровне. Масштабный параметр теории. Инвариантный заряд в высших петлевых приближениях. Извлечение бегущей константы связи квантовой хромодинамики из экспериментальных данных. Пороговые эффекты. Зависимость результатов теории возмущений от схемы вычитания.

##### 5. Партоновая модель.

Кинематика процессов лептон -адронного рассеяния. Сечения упругого рассеяния электрона на точечном и реальном протоне. Глубоконеупругое рассеяние лептонов на нуклонах. Структурные функции, бьеркеновский скейлинг. Дифференциальное сечение глубоконеупругого электрон - протонного рассеяния. Экспериментальные данные.

Партоновые функции распределения, функции фрагментации, способы их параметризации. Операторное разложение и моменты структурных функций. Уравнение ренормализационной группы для моментов структурных функций и его решение в рамках теории возмущений.

## 6. Электрон - позитронная аннигиляция в адроны.

Кинематика и сечение процесса электрон - позитронной аннигиляции в адроны. Особенности описания процессов сильного взаимодействия во времениподобной области. Дисперсионное соотношение для адронной функции поляризации вакуума. Дисперсионное соотношение для функции Адлера. Вклад сильного взаимодействия в адронную функцию поляризации вакуума. Вычисление  $R$  -отношения в рамках теории возмущений. Экспериментальные данные и их теоретический анализ.

## 7. Инклюзивный распад тау -лептона в адроны.

Кинематика и ширина адронного распада тау - лептона. Сильные поправки к адронной функции поляризации вакуума. 4 4 9 Специфика описания инклюзивного распада тау - лептона в рамках теории возмущений. Экспериментальные данные и их теоретический анализ.

## 8. Вклад сильного взаимодействия в электрослабые процессы.

Аномальный магнитный момент мюона. Экспериментальные данные и их теоретический анализ.

Эволюция бегущей константы связи электромагнитного взаимодействия: вычисление сдвига постоянной тонкой структуры на масштабе массы  $Z$  -бозона. Экспериментальные данные и их теоретический анализ.

## 9. Правила сумм в квантовой хромодинамике.

Пертурбативный вклад в корреляционную функцию кварковых токов. Операторное разложение и вакуумные конденсаты. Кварк -адронная дуальность. Вычисление константы распада  $\rho$  -мезона в рамках метода правил сумм. Преимущества и недостатки метода правил сумм.

## 10. Конфайнмент кварков: потенциальные модели.

Закон Кулона в спинорной электродинамике. Кварк - антикварковый потенциал в приближении одноглюонного обмена. Описание мезонов и барионов в рамках потенциального подхода. Некоторые модели статического кварк - антикваркового потенциала. Методы регуляризации сингулярных Фурье - преобразований. Исследование конфайнмента кварков на решетке.

## 11. Конфайнмент кварков: модель мешков.

Феноменологическое описание вакуумного 4 4 10 состояния в квантовой хромодинамике. Формулировка модели мешков, граничные условия для кварковых и глюонных полей. Давление внутри мешка и его устойчивость. Модель "MIT bag": преимущества и недостатки. Основные результаты и область применимости модели мешков.

## 12. Топологическая структура вакуума в квантовой хромодинамике.

Евклидовы конфигурации полевых систем. Индекс Понтрягина. Уравнения самодуальности. Инстантоны в теории Янга-Миллса и их физическая интерпретация. Одноинстантонное решение для калибровочной группы  $SU(2)$  и его свойства. Вклад инстантонов в процессы сильного взаимодействия. Исследование топологической структуры вакуума квантовой хромодинамики на решетке.

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

## **6.Перечень рекомендуемой литературы**

### Основная литература

1. Введение в теорию квантовых полей [Текст] : [учеб. пособие для вузов] / Н. Н. Боголюбов, Д. В. Ширков .— 4-е изд., испр. — М. : Наука, 1984 .— 600 с.
2. Введение в квантовую теорию калибровочных полей [Текст]/А. А. Славнов, Л. Д. Фадеев, -М., Наука, 1988
3. Квантовая теория поля [Текст]. В 2 т. Т. 1/С. Вайнберг , -М., Физматлит, 2003
4. Квантовая теория поля [Текст]. В 2 т. Т. 2/С. Вайнберг , -М., Физматлит, 2003
5. F.J. Yndurain. The Theory of Quark and Gluon Interactions (4th ed.). Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2006.
6. W. Greiner, S. Schramm, and E. Stein. Quantum Chromodynamics (3rd ed.). Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2007.

### Дополнительная литература

1. Классические калибровочные поля : Бозонные теории [Текст] / В. А. Рубаков - М.ЛИБРОКОМ,2016
2. Лептоны и кварки [Текст] / Л. Б. Окунь .— 6-е изд. — [Научное изд.] .— М. : ЛКИ, 2013 .— 352 с.
3. Калибровочные теории в физике элементарных частиц [Текст] = Gauge theory of elementary particle physics/Та-пей Ченг, Линг-фонг Ли , -М., Мир, 1987
4. Теория калибровочных взаимодействий элементарных частиц [Текст]/М. Б. Волошин, К. А. Тер-Мартirosян, -М., Энергоатомиздат, 1984
5. А.В.Нестеренко. Теоретическое описание функции Адлера и электрон-позитронной аннигиляции в адроны. Дубна: Издательский отдел ОИЯИ, УНЦ-2011-49, 144 с., 20118. 7.

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

доступ к библиотеке и базам данных по журналам Теоретическая и математическая физика, European Physical Journal C, Journal of High Energy Physics, Lecture Notes in Physics, Nuclear Physics B, Physics Letters B, Physics Reports, Physical Review D, Reviews of Modern Physics.

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

Необходимое программное обеспечение Adobe Acrobat Reader.

Обеспечение самостоятельной работы: доступ к библиотеке и базам данных по журналам Теоретическая и математическая физика, European Physical Journal C, Journal of High Energy Physics, Lecture Notes in Physics, Nuclear Physics B, Physics Letters B, Physics Reports, Physical Review D, Reviews of Modern Physics.

## **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 дисциплины, 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 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>	Ядерная физика и технологии
<b>профиль подготовки:</b>	Ядерная физика, УТС и компьютерные методы в физике Физтех-школа физики и исследований им. Ландау кафедра фундаментальных и прикладных проблем физики микромира
<b>курс:</b>	<u>1</u>
<b>квалификация:</b>	магистр
Семестр, формы промежуточной аттестации: 2 (весенний) - Экзамен	
<b>Разработчик:</b>	О.В. Теряев, д-р физ.-мат. наук



## 1. Компетенции, формируемые в процессе изучения дисциплины

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции
ОПК-1 Способен формулировать цели и задачи исследования, выбирать критерии оценки, выявлять приоритеты решения задач	ОПК-1.1 Имеет представление о современном состоянии исследований в рамках тематической области своей профессиональной деятельности
	ОПК-1.3 Владеет систематическими знаниями по направлению деятельности; углубленными знаниями по выбранной направленности подготовки, базовыми навыками проведения научно-исследовательских работ по предложенной теме
ОПК-3 Способен оформлять результаты научно-исследовательской деятельности в виде статей, докладов, научных отчетов и презентаций с использованием систем компьютерной верстки и пакетов офисных программ	ОПК-3.1 Владеет профессиональной терминологией, используемой в современной научно-технической литературе, обладает навыками устного и письменного изложения результатов научной деятельности в рамках профессиональной коммуникации
ПК-1 Способен к созданию теоретических и математических моделей в области ядерной физики и технологий	ПК-1.1 Знает физическое описание явлений и процессов в области ядерной физики и технологий
	ПК-1.2 Умеет создавать теоретические и математические модели в области ядерной физики и технологий
ПК-2 Готов применять методы исследования и расчета процессов, происходящих в современных физических установках и устройствах в области ядерной физики и технологий	ПК-2.1 Знает методы исследования и расчета процессов, происходящих в современных физических установках и устройствах в области ядерной физики и технологий
	ПК-2.2 Умеет рассчитывать и проводить исследования процессов, протекающих в современных физических установках и устройствах в области ядерной физики и технологий
ПК-3 Способен объективно оценить предлагаемое решение или проект по отношению к современному мировому уровню, подготовить экспертное заключение	ПК-3.1 Знает современный уровень развития науки и технологии, профессиональные проблемы в своей предметной области

## 2. Показатели оценивания компетенций

В результате изучения дисциплины «Квантовая хромодинамика» обучающийся должен:

### знать:

лагранжиан квантовой хромодинамики;  
особенности квантования калибровочных теорий;  
правила Фейнмана для квантовой хромодинамики;  
перенормировку в квантовой хромодинамике;  
уравнения ренормализационной группы;  
определение и свойства инвариантного заряда квантовой хромодинамики;  
асимптотическую свободу в квантовой хромодинамике;  
партонную модель, партонные функции распределения и функции фрагментации;  
особенности описания процессов сильного взаимодействия во времениподобной области;  
операторное разложение и вакуумные конденсаты;  
особенности описания мезонов и барионов в рамках потенциального подхода;  
модель мешков;  
уравнения самодуальности, одноинстантонное решение и его свойства.

### уметь:

эффективно применять вышеуказанные знания на практике для решения фундаментальных и прикладных научных задач в области современной теоретической физики элементарных частиц.

### владеть:

техникой вычисления основных характеристик процессов сильного взаимодействия;  
основными методами регуляризации импульсных интегралов;  
основными схемами вычитания расходимостей;  
методом ренормализационной группы в квантовой хромодинамике;  
методом дисперсионных соотношений;  
методом правил сумм в квантовой хромодинамике;  
техникой описания мезонов в рамках потенциального подхода;  
техникой описания адронов в рамках модели мешков;  
техникой описания топологически нетривиальных полевых конфигураций.

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

Не предусмотрено.

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

Перечень контрольных вопросов для сдачи экзамена во 10-ом семестре:

1. Лагранжиан квантовой хромодинамики.
2. Особенности квантования калибровочных теорий.
3. Правила Фейнмана для квантовой хромодинамики.
4. Методы регуляризации импульсных интегралов.
5. Схемы вычитания расходимостей.
6. Уравнения ренормализационной группы в функциональной и дифференциальной форме.
7. Инвариантный заряд квантовой хромодинамики.
8. Ренормгрупповая бета-функция квантовой хромодинамики в рамках теории возмущений.
9. Бегущая константа связи сильного взаимодействия на однопетлевом уровне.
10. Масштабный параметр квантовой хромодинамики.
11. Инвариантный заряд квантовой хромодинамики в высших петлевых приближениях.
12. Извлечение бегущей константы связи квантовой хромодинамики из экспериментальных данных.
13. Кинематика процессов лептон-адронного рассеяния.
14. Глубоконеупругое рассеяние лептонов на нуклонах.
15. Структурные функции, бьеркеновский скейлинг.
16. Дифференциальное сечение глубоконеупругого электрон-протонного рассеяния.
17. Партонные функции распределения и функции фрагментации.
18. Кинематика и сечение процесса электрон-позитронной аннигиляции в адроны.
19. Особенности описания процессов сильного взаимодействия во времениподобной области.
20. Дисперсионное соотношение для адронной функции поляризации вакуума.
21. Дисперсионное соотношение для функции Адлера.
22. Вычисление R-отношения электрон-позитронной аннигиляции в адроны.
23. Специфика описания инклюзивного распада тау-лептона в адроны в рамках теории возмущений.
24. Описание адронного вклада в аномальный магнитный момент мюона.
25. Вычисление адронного вклада в сдвиг постоянной тонкой структуры на масштабе массы Z-бозона.
26. Правила сумм в квантовой хромодинамике.
27. Операторное разложение и вакуумные конденсаты. Кварк-адронная дуальность.
28. Кварк-антикварковый потенциал в приближении одноглюонного обмена.
29. Методы регуляризации сингулярных Фурье-преобразований.
30. Модель мешков, граничные условия для кварковых и глюонных полей.
31. Уравнения самодуальности. Индекс Понтрягина.
32. Инстантоны в теории Янга-Миллса и их физическая интерпретация.

Примеры экзаменационных билетов:

Билет 1.

1. Лагранжиан квантовой хромодинамики.

2. Партонные функции распределения и функции фрагментации.

Билет 2.

1. Особенности квантования калибровочных теорий.

2. Кинематика и сечение процесса электрон-позитронной аннигиляции в адроны.

Билет 3.

1. Правила Фейнмана для квантовой хромодинамики.

2. Особенности описания процессов сильного взаимодействия во времениподобной области.

Билет 4.

1. Схемы вычитания расходимостей.

2. Дисперсионное соотношение для адронной функции поляризации вакуума.

Билет 5.

1. Уравнения ренормализационной группы в функциональной и дифференциальной форме.

2. Дисперсионное соотношение для функции Адлера.

## 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 оценивания знаний обучающемуся предоставляется время на подготовку на усмотрение экзаменатора. Опрос обучающегося по билету на устном экзамене не должен превышать одного астрономического часа. Оценивание знаний производится в соответствии с вышеуказанными критериями в соответствии с содержанием дисциплины.