

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

**УТВЕРЖДЕНО**

**Директор физтех-школы физики  
и исследований им. Ландау  
А.В. Рогачев**

	<b>Рабочая программа дисциплины (модуля)</b>
<b>по дисциплине:</b>	Тяжелые адроны
<b>по направлению:</b>	Прикладные математика и физика
<b>профиль подготовки:</b>	Общая и прикладная физика Физтех-школа физики и исследований им. Ландау Физтех-кластер академической и научной карьеры
<b>курс:</b>	1
<b>квалификация:</b>	магистр

Семестр, формы промежуточной аттестации: 1 (осенний) - Экзамен

Аудиторных часов: 45 всего, в том числе:

лекции: 30 час.

семинары: 15 час.

лабораторные занятия: 0 час.

Самостоятельная работа: 60 час.

Подготовка к экзамену: 30 час.

Всего часов: 135, всего зач. ед.: 3

Программу составил: П.Н. Пахлов, д-р физ.-мат. наук

Программа обсуждена на заседании Физтех-кластера академической и научной карьеры 01.04.2024

## Аннотация

Курс является началом курса по обзору экспериментальных результатов, послуживших основой создания современной теории элементарных частиц. В ходе курса слушатели знакомятся с вопросом построения теории слабого и сильных взаимодействий и структуры материи, выяснения структуры токов и идеи переносчиков взаимодействия. Далее будут рассмотрены эксперименты, подтвердившие справедливость Стандартной модели, а также приведшие к ее дополнению до современного уровня. Кроме того, большая часть курса посвящена современным экспериментам, направленным на поиск новых частиц и эффектов за пределами Стандартной модели.

### 1. Цели и задачи

#### Цель дисциплины

Данный курс знакомит студента с основными экспериментальными открытиями, создавшими основу современной теории элементарных частиц, а также экспериментами, нацеленными на доскональную проверку существующей и поиск последующей теории. Он создает необходимую базу для формирования знаний по экспериментальной физике высоких энергий, важнейших экспериментах в этой области, и логике создания теории на основе экспериментальных знаний, об устройстве и работе основных экспериментальных установок.

#### Задачи дисциплины

- формирование знаний по истории и логике построения Стандартной модели на основе экспериментальных открытий XX века;
- формирование знаний по современной физике ароматов и экспериментам в этой области;
- формирование знаний по основным результатам, полученным в экспериментах по прецизионной проверки Стандартной модели (LEP, B-фабрики, лептонные эксперименты) и поиску новой физики.

### 2. Перечень формируемых компетенций

Освоение дисциплины направлено на формирование следующих компетенций:

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции
УК-6 Способен определять и реализовывать приоритеты собственной деятельности и способы ее совершенствования на основе самооценки	УК-6.1 Умеет решать задачи собственного личностного и профессионального развития, определять и реализовывать приоритеты совершенствования собственной деятельности
	УК-6.2 Оценивает свою деятельность, соотносит цели, способы и средства выполнения деятельности с её результатами
ОПК-1 Владеет системой фундаментальных научных знаний в области физико-математических наук	ОПК-1.1 Знает и способен использовать в профессиональной деятельности фундаментальные научные знания в области физико-математических наук
	ОПК-1.2 Способен обобщать и критически оценивать опыт и результаты научных исследований в области профессиональной деятельности
ОПК-2 Имеет представление об актуальных проблемах науки и техники в области своей профессиональной деятельности, способен на научном языке формулировать профессиональные задачи	ОПК-2.1 Имеет представление о современном состоянии исследований в рамках тематической области своей профессиональной деятельности
	ОПК-2.3 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 ставить, формализовывать и решать задачи, в том числе разрабатывать и исследовать математические модели изучаемых явлений и процессов, системно анализировать научные проблемы, получать новые научные результаты	ПК-1.3 Способен применять теоретические и (или) экспериментальные методы исследований к конкретной научной задаче и интерпретировать полученные результаты

ПК-2 Способен самостоятельно или в качестве члена (руководителя) малого коллектива организовывать и проводить научные исследования и их апробацию	ПК-2.1 Способен планировать и проводить научные исследования самостоятельно или в составе научного коллектива
ПК-3 Способен профессионально работать с исследовательским и испытательным оборудованием (приборами и установками, специализированными пакетами прикладных программ) в избранной предметной области	ПК-3.1 Понимает принципы работы используемого оборудования (специализированных пакетов прикладных программ)
	ПК-3.2 Способен проводить эксперимент (моделирование) с использованием исследовательского оборудования (пакетов прикладных программ)
	ПК-3.3 Способен оценивать точность полученных экспериментальных (численных) результатов

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

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

содержание предмета курса «Тяжелые адроны», соответствующую терминологию и понятийный аппарат. Основные эксперименты в физике частиц, послужившие развитию теории, их мотивировку, постановку, методику обработки данных, результаты и их интерпретацию. Иметь представление об истории и логики постановки экспериментов.

уметь:

интерпретировать экспериментальные результаты в области физики слабого и сильного взаимодействий, тяжелых кварков, интерпретировать экспериментальные результаты, полученных на LEP, В-фабриках, других экспериментов при промежуточных энергиях (CPLEAR, kTeV, Argus, CLEO).

владеть:

методикой анализа данных, набираемых при промежуточных энергиях и LEP.

### 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	Слабые взаимодействия	4	2		8
2	Сильные взаимодействия	4	2		8
3	Странные частицы	4	2		8
4	Стандартная модель	4	2		8
5	Лептоны	4	2		8
6	Кварконий	2	1		4
7	Тяжелые адроны	8	4		16
Итого часов		30	15		60
Подготовка к экзамену		30 час.			
Общая трудоёмкость		135 час., 3 зач.ед.			

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

Семестр: 1 (Осенний)

## 1. Слабые взаимодействия

Неделя 1. Открытие beta-распада, определение природы излучения в beta-распаде, открытие непрерывного спектра beta-электронов, гипотеза нейтрино, 4-х фермионный лагранжиан слабого взаимодействия.

Неделя 2. Эксперименты, определившие тензорную (векторную и аксиальную) структуру слабых токов. Пространственная четность. Открытие нарушения пространственной четности в слабых распадах. V-A теория. Сохранения векторного тока.

## 2. Сильные взаимодействия

Неделя 3. Зарядовая независимость ядерных сил. Изоспин. Теория Юкавы. Открытие  $\rho$ -мезонов. Определение их свойств (спин, четность).

Неделя 4. Классификация мезонов и барионов в SU(2) и SU(3). Формула Гелл-Мана-Нишиджимы. Кварки. Цвет.

## 3. Странные частицы

Неделя 5. Зарядовая четность.  $K^0$ -анти- $K^0$ -осцилляции. Открытие KL мезона. Регенерация KS в веществе. Лептонные, полулептонные и адронные распады странных частиц. Открытие CP-нарушения в  $K^0$ -мезонах.

Неделя 6. Непрямое и прямое CP-нарушение в распадах  $K^0$ -мезонов. Измерение параметров непрямого CP нарушения,  $\epsilon$  и  $\phi$ , и параметра прямого нарушения,  $\epsilon'$ , в экспериментах CPLEAR, KTeV, NA-48.

## 4. Стандартная модель

Неделя 7. Обнаружение нейтральных токов в экспериментах по рассеянию нейтрино. Обнаружение промежуточных векторных бозонов в эксперименте UA1. Свойства W- и Z-бозонов.

Неделя 8. Эксперименты на ускорителе LEP. Измерение параметров Z-бозона. Глобальный фит Стандартной модели. Поиск хиггсовского бозона и явлений за пределами Стандартной Модели в экспериментах на LEP.

## 5. Лептоны

Неделя 9. Аномальный магнитный момент мюона. Вычисление электрослабых поправок к g мюона. Экспериментальное определение сильных поправок. Эксперимент по измерению g-2 мюона. Обсуждение результатов измерения. Будущие эксперименты. Измерение параметров Мишеля в распадах мюона. Поиск распадов мюона с нарушением лептонного числа.

Неделя 10.  $\tau$ -лептон. Основные методы, регистрации и выделения  $\tau$ -лептонов. Рождение  $\tau$ -лептонов в  $e^+e^-$  аннигиляции. Проверка лептонной универсальности в распадах  $\tau$ -лептонов. Лептонные и адронные распады. Адронные распады  $\tau$ -лептона.  $\tau$ -нейтрино. Верхний предел на его массу.

## 6. Кваркони

Неделя 11. Эксперименты, исследовавшие J/ $\psi$  и Y-резонансы. Измерение массы, электронной и полной ширины резонансов. Спектроскопия и распады тяжелого кваркония. Новые мезоны со скрытым очарованием (X, Y, Z и др.).

## 7. Тяжелые адроны

Неделя 12. Очарованные адроны, основные и возбужденные состояния. Диаграммы распадов. Измерение времен жизни очарованных адронов Лептонные распады D-мезонов, определение констант распада. Полулептонные и адронные распады. Измерения абсолютных вероятностей распадов D-мезонов.

Неделя 13. В-мезоны, основные состояния и состояния с  $L=1$ . Измерения массы, времени жизни. Полулептонные и адронные распады В-мезонов. Измерение элементов  $V_{cb}$  и  $V_{ub}$ . Методы неполного восстановления В-мезона. Изучение распадов В-мезонов, идущих через пингвинные диаграммы. Барионы, содержащие b-кварк.

Неделя 14. Смешивание в системе нейтральных В-мезонов и  $B_s$ -мезонов. Изучение осцилляций на  $e^+e^-$  машинах в области  $Y(4S)$  и при высоких энергиях; на адронных машинах. CP-нарушение в В-мезонах. Треугольник унитарности. Измерение параметров СКМ матрицы.

Неделя 15. Поиск Новой физики в распадах В-мезонов. Будущие эксперименты и их чувствительность к Новой физике. Обзор курса.

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

Учебная аудитория, доска, медиапроектор, экран.

## **6. Перечень рекомендуемой литературы**

### Основная литература

1. Лептоны и кварки [Текст] / Л. Б. Окунь. — 7-е изд. — [Научное изд.] — М. : ЛЕНАНД, 2015. — 352 с.
2. Элементарные частицы и симметрии [Текст] / Л. Райдер ; пер. с англ. под ред. Б. М. Барбашова - М. Наука, 1983
3. Particle Data Group 2012, reviews, mathematical tools, chapters: "Mesons", "Quarks", "Leptons", "Gauge and Higgs bosons".

### Дополнительная литература

1. С. В. Семенов, Физика очарованных адронов, УФН т.169, №.9 937 (1999).
2. Г.В. Пахлова, П.Н. Пахлов, С.И. Эйдельман, Экзотический чармоний, УФН т. 180 225 (2010).
3. А.Е. Бондарь, П.Н. Пахлов, А.О. Полуэктов, Наблюдение CP-нарушение в распадах В-мезонов, УФН т. 177 697 (2007).

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

<http://pdg.lbl.gov/> The Review of Particle Physics

## **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.

## **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 напряжённой самостоятельной работы студента в соответствии с данными в рабочей программе. Самостоятельная работа включает в себя:

- чтение рекомендованной литературы;
- проработку учебного материала, подготовку ответов на вопросы, предназначенных для самостоятельного изучения;
- решение задач, предлагаемых студентам на лекциях и практических занятиях;
- при необходимости подготовку к практическим занятиям, коллоквиумам, экзамену.

Показателем владения материалом служит умение решать задачи. Для формирования умения применять знания на практике студенту необходимо решать как можно больше задач.

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

**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 Физтех-кластер академической и научной карьеры (Фундаментальные взаимодействия и физика элементарных частиц)
<b>курс:</b>	1
<b>квалификация:</b>	магистр
Семестр, формы промежуточной аттестации: 1 (осенний) - Экзамен	
<b>Разработчик:</b>	П.Н. Пахлов, д-р физ.-мат. наук

## 1. Компетенции, формируемые в процессе изучения дисциплины

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции
УК-6 Способен определять и реализовывать приоритеты собственной деятельности и способы ее совершенствования на основе самооценки	УК-6.1 Умеет решать задачи собственного личностного и профессионального развития, определять и реализовывать приоритеты совершенствования собственной деятельности
	УК-6.2 Оценивает свою деятельность, соотносит цели, способы и средства выполнения деятельности с её результатами
ОПК-1 Владеет системой фундаментальных научных знаний в области физико-математических наук	ОПК-1.1 Знает и способен использовать в профессиональной деятельности фундаментальные научные знания в области физико-математических наук
	ОПК-1.2 Способен обобщать и критически оценивать опыт и результаты научных исследований в области профессиональной деятельности
ОПК-2 Имеет представление об актуальных проблемах науки и техники в области своей профессиональной деятельности, способен на научном языке формулировать профессиональные задачи	ОПК-2.1 Имеет представление о современном состоянии исследований в рамках тематической области своей профессиональной деятельности
	ОПК-2.3 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 ставить, формализовывать и решать задачи, в том числе разрабатывать и исследовать математические модели изучаемых явлений и процессов, системно анализировать научные проблемы, получать новые научные результаты	ПК-1.3 Способен применять теоретические и (или) экспериментальные методы исследований к конкретной научной задаче и интерпретировать полученные результаты
ПК-2 Способен самостоятельно или в качестве члена (руководителя) малого коллектива организовывать и проводить научные исследования и их апробацию	ПК-2.1 Способен планировать и проводить научные исследования самостоятельно или в составе научного коллектива
ПК-3 Способен профессионально работать с исследовательским и испытательным оборудованием (приборами и установками, специализированными пакетами прикладных программ) в избранной предметной области	ПК-3.1 Понимает принципы работы используемого оборудования (специализированных пакетов прикладных программ)
	ПК-3.2 Способен проводить эксперимент (моделирование) с использованием исследовательского оборудования (пакетов прикладных программ)
	ПК-3.3 Способен оценивать точность полученных экспериментальных (численных) результатов

## 2. Показатели оценивания компетенций

В результате изучения дисциплины «Тяжелые адроны» обучающийся должен:

### знать:

содержание предмета курса «Тяжелые адроны», соответствующую терминологию и понятийный аппарат. Основные эксперименты в физике частиц, послужившие развитию теории, их мотивировку, постановку, методику обработки данных, результаты и их интерпретацию. Иметь представление об истории и логики постановки экспериментов.

### уметь:

интерпретировать экспериментальные результаты в области физики слабого и сильного взаимодействий, тяжелых кварков, интерпретировать экспериментальные результаты, полученных на LEP, B-фабриках, других экспериментов при промежуточных энергиях (CLEAR, kTeV, Argus, CLEO).

### владеть:



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

С целью контроля освоения обучающимися учебного материала проводится устный опрос в начале занятия по теме прошлого занятия.

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

1.  $\beta$ -распады ядер. Проблема несохранения энергии и углового момента. Гипотеза Паули о существовании нейтрино.
2. Модель четырехфермионного взаимодействия Ферми. Правила отбора Ферми и Гамова-Тейлера. Лоренцова структура четырехфермионного взаимодействия. Эксперименты, подтверждающие доминирование V и A взаимодействий.
3. Пространственная четность. Анализ Далицом четности в распадах заряженного каона на 2 и 3  $\pi$ -мезона. Гипотеза Ли и Янга о несохранении P-четности в слабых распадах. Опыт Ву. Гипотеза о левоспиральности нейтрино. Эксперименты, подтверждающие эту гипотезу. V–A структура слабого взаимодействия. Единое слабое взаимодействие. Сохранение векторного тока.
4. Сильное взаимодействие. Формула Гелл-Мана Нишиджимы. Феноменологическая классификация мезонов и барионов в SU(2) и SU(3). Кварки. Цвет.
5. Открытие странных частиц и их распады. Зарядовая четность. K0–анти-K0-осцилляции. Открытие KL мезона. Регенерация KS в веществе. Измерение разницы масс KL –KS. Нарушение CP инвариантности и проверка CPT инвариантности в K0-мезонах.
6. Эксперименты, подтверждающие доминирование непрямого CP-нарушения. Механизм Кобаяши-Маскавы. Эксперименты по определению параметров непрямого CP нарушения,  $\epsilon$  и  $\phi$ . Прямое CP нарушение в распадах K-мезонов. Измерение параметра  $\epsilon'$  в экспериментах KTeV и NA-48. Обнаружение T-неинвариантности в распадах K-мезонов.
7. Стандартная модель. Нейтральные токи. Эксперимент по обнаружению нейтральных токов. Измерение угла Вайнберга.
8. Открытие W и Z бозонов в эксперименте UA1. Рождение W и Z в протон-антипротонных взаимодействиях. Свойства и распады W и Z бозонов.
9. Проверка Стандартной модели в экспериментах LEP. Количество поколений легких нейтрино. Определение  $\alpha_s(m_Z)$  и  $\alpha(m_Z)$  на LEP. Эксперимент SLD. Задачи будущего эксперимента на электрон-позитронном линейном коллайдере.
10. Асимметрия вперед-назад рождения пар фермион-антифермион из Z-бозона. Глобальный фит параметров Стандартной Модели по измерениям LEP. Поиск хиггсовского бозона и суперсимметричных частиц на LEP-II.
11. g-фактор электрона и объяснение  $g=2$  в нерелятивистском пределе уравнения Дирака. Перенормировки и поправки QED к  $g=2$ . Аномальный момент мюона. Сильные и слабые поправки к  $g=2$  мюона. Эксперимент E821 и его результаты. Новые эксперименты по измерению  $g=2$  мюона.
12. Открытие  $\tau$ -лептона. Рождение  $\tau$ -лептонов в  $e^+e^-$ -аннигиляции. Основные методы, регистрации и выделения  $\tau$ -лептонов. Сравнительный анализ исследования  $\tau$ -лептонов в экспериментах при разных значениях  $\sqrt{s}$ . Масса, время жизни, магнитный и электрический момент.
13.  $\tau$ -нейтрино. Верхний предел на массу. Спиральность  $\tau$ -нейтрино. Проверка лептонной универсальности в распадах  $\tau$ -лептонов. Лептонные распады. V–A структура заряженного тока. Определение параметров Мишеля. Нарушение пространственной четности в распаде  $\tau$ -лептона. Адронные распады  $\tau$ -лептона.
14. Открытие J/ $\psi$  и Y-резонансов. Потенциальные модели. Спектр уровней тяжелого кваркония. Основные сведения об экспериментах, исследовавших J/ $\psi$  и Y-резонансы. Распады тяжелого кваркония. Определение  $\alpha_s$ . Радиационные и адронные переходы в тяжелом кварконии. Проблема распада  $Y(2S) \rightarrow Y(1S)\pi\pi$ . Радиационные распады кваркония (исследование кварковых резонансов, поиски глюболов, хиггсовского бозона).
15. D-мезоны, основные состояния. Основные диаграммы распадов D-мезонов. Измерение времен жизни D-мезонов, качественное объяснение различия времен жизни D-мезонов. Лептонные распады D-мезонов, определение констант распада. Полулептонные и адронные распады. Измерения абсолютных вероятностей распадов D-мезонов.

16. Барионы, содержащие с- и b-кварки. Классификация, распады. Измерения времен жизни, качественное объяснение различия времен жизни.
17. В-мезоны, основные состояния. Измерения массы, времени жизни. Полулептонные и адронные распады В-мезонов. Возбужденные состояния D- и В-мезонов. Потенциальные модели. Спектроскопия, распады.
18. Матрица смешивания кварков Кабиббо-Кобаяши-Маскава (СКМ). Определение элементов матрицы СКМ. Параметризация Волфенштейна и треугольники унитарности.
19. Эволюция  $B^0$ -анти- $B^0$ -пар, рожденных в  $Y(4S)$ . Эксперименты BELLE, BABAR, CLEO. Измерение элементов  $V_{cb}$  и  $V_{ub}$ . Методы неполного восстановления В-мезона. Изучение распадов  $b \rightarrow s\gamma$ .
20. Экспериментальное определение нарушения CP-четности в распадах В-мезонов. Распады  $B \rightarrow J/\psi KS$  и  $B \rightarrow \pi\pi$ . Эксперименты HERA-B, LHCb.

Примеры экзаменационных билетов:

Билет 1.

1.  $\beta$ -распады ядер. Проблема несохранения энергии и углового момента. Гипотеза Паули о существовании нейтрино.
2. Поиск хиггсовского бозона и суперсимметричных частиц на LEP-II.

Билет 2.

1. Модель четырехфермионного взаимодействия Ферми. Правила отбора Ферми и Гамова-Тейлера.
2. g-фактор электрона и объяснение  $g=2$  в нерелятивистском пределе уравнения Дирака. Перенормировки и поправки QED к  $g=2$ .

#### 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 недочетами.

Оценка хорошо 7 баллов - выставляется студенту, если он твердо 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 твердо 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**

Экзамен проводится по билетам. В каждом билете представлено два теоретических вопроса. При проведении устного экзамена обучающемуся предоставляется 30 минут на подготовку. Опрос обучающегося не должен превышать одного астрономического часа.