

**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**

	Рабочая программа дисциплины (модуля)
по дисциплине:	Электрослабое взаимодействие
по направлению:	Прикладные математика и физика
профиль подготовки:	Общая и прикладная физика Физтех-школа физики и исследований им. Ландау кафедра фундаментальных взаимодействий и физики элементарных частиц
курс:	1
квалификация:	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 составили:

М.И. Высоцкий, д-р физ.-мат. наук, профессор

С.И. Годунов, канд. физ.-мат. наук

Программа обсуждена на заседании кафедры фундаментальных взаимодействий и физики элементарных частиц
28.03.2025

Аннотация

Созданная Энрико Ферми в 1934 году теория долго служила основой для изучения слабых взаимодействий. Было установлено много важнейших свойств слабого взаимодействия: его универсальность, нарушение пространственной (P), зарядовой (C) и комбинированной (CP) четностей, многое другое. В то же время было обнаружено, что теория Ферми неперенормируема, и интенсивно велись поиски заменяющей ее на малых расстояниях теории. Они увенчались построением перенормируемой калибровочной теории, объединившей слабые и электромагнитные взаимодействия. Переносчиком слабых взаимодействий являются тяжелые векторные W^\pm - и Z -бозоны, открытые экспериментально в 1983 году, через пятьдесят лет после работы Ферми. Электрослабая теория является частью Стандартной $SU(3) \times SU(2) \times U(1)$ Модели, объясняющей все известные свойства элементарных частиц.

Хиггсовский механизм генерации масс кварков, лептонов и промежуточных бозонов обеспечивает перенормируемость электрослабых взаимодействий, одновременно предсказывая существование скалярной частицы -- хиггсовского бозона H , обнаруженной в 2012 году на Большом Адронном Коллайдере ЦЕРН (БАК, LHC).

В лекциях излагается калибровочная электрослабая теория.

1. Цели и задачи

Цель дисциплины

Первая часть курса знакомит слушателей с теорией электрослабых взаимодействий – естественной частью подготовки любого специалиста в области современной физики частиц. Вторая часть курса посвящена более традиционной проблематике – распадам лептонов и адронов.

Задачи дисциплины

- формирование у обучающихся базовых знаний по электрослабым взаимодействиям;
- формирование навыков для решения задач.

2. Перечень формируемых компетенций

Освоение дисциплины направлено на формирование следующих компетенций:

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции
УК-1 Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий	УК-1.1 Анализирует проблемную ситуацию как систему, выявляя ее составляющие и связи между ними
	УК-1.2 Осуществляет поиск вариантов решения поставленной проблемной ситуации на основе доступных источников информации
	УК-1.3 Разрабатывает стратегию достижения поставленной цели как последовательность шагов, предвидя результат каждого из них и оценивая их влияние на внешнее окружение планируемой деятельности и на взаимоотношения участников этой деятельности
УК-4 Способен применять современные коммуникативные технологии, в том числе на иностранном(ых) языке(ах), для академического и профессионального взаимодействия	УК-4.1 Способен вести обмен деловой информацией в устной и письменной формах на государственном языке Российской Федерации и не менее чем на одном иностранном языке
	УК-4.2 Владеет навыками, необходимыми для написания, письменного перевода и редактирования различных академических текстов (рефератов, эссе, обзоров, статей и т.д.)
	УК-4.3 Способен представлять результаты академической и профессиональной деятельности на различных научных мероприятиях, включая международные

	УК-4.4 Способен использовать современные средства информационно-коммуникационных технологий для академического и профессионального взаимодействия
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-2.2 Способен оценивать актуальность исследований в области своей профессиональной деятельности и их практическую значимость
	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
ОПК-3 Способен выбирать и (или) разрабатывать подходы к решению типовых и новых задач в области профессиональной деятельности, учитывая особенности и ограничения различных методов решения	ОПК-3.1 Способен анализировать задачу, планировать пути решения, предлагать и комбинировать способы решения
	ОПК-3.2 Способен использовать исследовательские методы при решении новых задач, применяя знания в различных областях науки (техники)
	ОПК-3.3 Владеет аналитическими и вычислительными методами решения, понимает и учитывает на практике границы применимости получаемых решений
ОПК-4 Способен успешно реализовывать решение поставленной задачи, провести анализ результата и представить выводы, применяя знания и навыки в области физико-математических наук и информационно-коммуникационных технологий	ОПК-4.2 Способен применять знания в области физико-математических наук для решения поставленной задачи, формулирования выводов и оценки полученных результатов
	ОПК-4.3 Способен аргументировано выбирать способ проведения научного исследования
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-2.2 Способен проводить апробацию результатов научно-исследовательской работы посредством публикации научных статей и участия в конференциях

3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

- теорию Глэшоу-Вайнберга-Салама.

уметь:

- вычислять времена жизни частиц.

владеть:

- математическим аппаратом квантовой теории поля.

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	Эффект Голдстоуна.	2	1		4
2	Эффект Хиггса.	2	1		4
3	Бозонный сектор Стандартной Модели.	2	1		4
4	Фермионы в Стандартной Модели.	2	1		4
5	Свойства W- и Z-бозонов.	2	1		4
6	Свойства бозона Хиггса.	2	1		4
7	Взаимодействия и массы нейтрино.	2	1		4
8	Осцилляции нейтрино.	2	1		4
9	Универсальное слабое взаимодействие.	2	1		4
10	Распад мюона.	2	1		4
11	Лептонные и полуплептонные распады мезонов и барионов.	2	1		4
12	Распады гиперонов и К- мезонов.	2	1		4
13	Смешивание нейтральных К- мезонов.	2	1		4
14	Распады тау- лептона.	2	1		4
15	Распады очарованных адронов. Распады В- мезонов.	2	1		4
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. Эффект Голдстоуна.

Непенормируемость 4-фермионного взаимодействия, теория массивного векторного бозона, эффект Голдстоуна – спонтанное «нарушение» симметрии, киральная симметрия КХД, соотношение Гольдбергера-Треймана, решаемые примеры: $U(1)$, $O(3)$, $SU(2)$.

2. Эффект Хиггса.

Локальная $U(1)$, эффект Хиггса, бозон Хиггса, унитарная калибровка, калибровка Ландау, R-калибровки.

3. Бозонный сектор Стандартной Модели.

Локальная $SU(2)$, лагранжиан векторных полей, хиггсовский сектор, «охранная» симметрия $SU(2) \times U(1)$, теория Глэшоу-Вайнберга-Салама: хиггсовский и калибровочный секторы.

4. Фермионы в Стандартной Модели.

Левые и правые фермионы. Слабые взаимодействия лептонов и кварков. Фермиевская константа G , определение параметров $SU(2) \times U(1)$ -модели, нейтральные токи, треугольные аномалии: кварк-лептонная симметрия, нейтральность атома водорода и нейтрино в СМ.

5. Свойства W - и Z -бозонов.

Рождение и распады W - и Z -бозонов.

6. Свойства бозона Хиггса.

Бозон Хиггса: масса, рождение, распады.

7. Взаимодействия и массы нейтрино.

Рассеяние нейтрино на электроны, глубоко-неупругое рассеяние нейтрино на нуклоне, масса нейтрино.

8. Осцилляции нейтрино.

Осцилляции электронного нейтрино – эксперимент KamLAND, солнечные нейтрино, влияние вещества, осцилляции мюонного нейтрино в тау-нейтрино — атмосферные нейтрино, ускорительные эксперименты, случай трех нейтрино (матрица PMNS).

9. Универсальное слабое взаимодействие.

Левые заряженные токи. Нарушение P - и C - и CP - инвариантности. Универсальность заряженного тока. Нейтральный ток.

10. Распад мюона.

Амплитуда распада. Вероятность распада. Распад поляризованного мюона. Качественное обсуждение.

11. Лептонные и полулептонные распады мезонов и барионов.

UD - ток и его свойства. Распады пионов. Распад нейтрона. Распады, инициируемые us -током. $SU(3)$ - симметрия в распадах гиперонов.

12. Распады гиперонов и K - мезонов.

Нелептонные распады гиперонов. Правило $\Delta T = 1/2$. Нелептонные распады K -мезонов.

13. Смешивание нейтральных K - мезонов.

Нарушение CP . Осцилляции нейтральных K - мезонов. Разность масс нейтральных K - мезонов и GIM- механизм. Нарушение CP - симметрии в распадах K - мезонов. CP - нечетное смешивание и прямое нарушение CP - симметрии.

14. Распады тау- лептона.

Лептонные распады тау-лептона. Полуадронные распады тау-лептона. Проверка гипотезы дуальности в распадах тау-лептона.

15. Распады очарованных адронов. Распады B - мезонов.

- Очарованные адроны, распадающиеся за счёт слабых взаимодействий.
- Времена жизни очарованных адронов.

- Гипотеза дуальности и spectatorное приближение.
- Нарушение spectatorного приближения в распадах нейтральных D- мезонов.
- Глюонное усиление. Обменные эффекты. Слабая аннигиляция.
- Подавление слабой аннигиляции в распадах B- мезонов.
- Параметризация матрицы СКМ.
- Смешивание нейтральных B- мезонов. Нарушение CP- симметрии в распадах B- мезонов и треугольник унитарности.

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

Учебная аудитория, доска, при необходимости 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. Введение в квантовую теорию поля [Текст] : [учебник для вузов] / М. Пескин, Д. Шредер ; пер. с англ. под ред. А.А. Белавина, А. В. Беркова .— М. ; Ижевск : Регулярная и хаотическая динамика, 2001 .— 784 с.
3. Высоцкий М.И. Лекции по теории электрослабых взаимодействий, Физматлит, М., 2011

Дополнительная литература

1. Квантовая электродинамика [Текст] , [монография] /А. И. Ахиезер, В. Б. Берестецкий, -М., Наука , 1969
2. Квантовая электродинамика [Текст] : учеб. пособие для студентов физ. спец. ун-тов / В. Б. Берестецкий, Е. М. Лифшиц, Л. П. Питаевский .— 4-е изд., испр. — М. : Физматлит, 1989, 2001, 2002, 2006 .— 720 с.
3. Квантовые поля [Текст] / Н. Н. Боголюбов, Д. В. Ширков - М.Физматлит,2005
4. Квантовая теория поля [Текст]. В 2 т. Т. 1/С. Вайнберг , -М., Физматлит, 2003
5. Квантовая теория поля [Текст]. В 2 т. Т. 2/С. Вайнберг , -М., Физматлит, 2003
6. Введение в теорию ранней Вселенной : Теория горячего Большого взрыва [Текст]/Д. С. Горбунов, В. А. Рубаков , -М., ЛЕНАНД, 2016
7. Бьёркен Дж., Дрелл С.Д. Релятивистская квантовая теория. – т. I, II: Пер. с англ. – М.: Мир, 1978.

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

<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)

Представление материала на доске и/или при помощи медиапроектора.

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 теоретические 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.

ПРИЛОЖЕНИЕ

ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)

по направлению:	Прикладные математика и физика
профиль подготовки:	Общая и прикладная физика Физтех-школа физики и исследований им. Ландау кафедра фундаментальных взаимодействий и физики элементарных частиц
курс:	<u>1</u>
квалификация:	магистр

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

Разработчики:

М.И. Высоцкий, д-р физ.-мат. наук, профессор

С.И. Годунов, канд. физ.-мат. наук

1. Компетенции, формируемые в процессе изучения дисциплины

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции
УК-1 Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий	УК-1.1 Анализирует проблемную ситуацию как систему, выявляя ее составляющие и связи между ними
	УК-1.2 Осуществляет поиск вариантов решения поставленной проблемной ситуации на основе доступных источников информации
	УК-1.3 Разрабатывает стратегию достижения поставленной цели как последовательность шагов, предвидя результат каждого из них и оценивая их влияние на внешнее окружение планируемой деятельности и на взаимоотношения участников этой деятельности
УК-4 Способен применять современные коммуникативные технологии, в том числе на иностранном(ых) языке(ах), для академического и профессионального взаимодействия	УК-4.1 Способен вести обмен деловой информацией в устной и письменной формах на государственном языке Российской Федерации и не менее чем на одном иностранном языке
	УК-4.2 Владеет навыками, необходимыми для написания, письменного перевода и редактирования различных академических текстов (рефератов, эссе, обзоров, статей и т.д.)
	УК-4.3 Способен представлять результаты академической и профессиональной деятельности на различных научных мероприятиях, включая международные
	УК-4.4 Способен использовать современные средства информационно-коммуникационных технологий для академического и профессионального взаимодействия
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-2.2 Способен оценивать актуальность исследований в области своей профессиональной деятельности и их практическую значимость
	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
ОПК-3 Способен выбирать и (или) разрабатывать подходы к решению типовых и новых задач в области профессиональной деятельности, учитывая особенности и ограничения различных методов решения	ОПК-3.1 Способен анализировать задачу, планировать пути решения, предлагать и комбинировать способы решения
	ОПК-3.2 Способен использовать исследовательские методы при решении новых задач, применяя знания в различных областях науки (техники)
	ОПК-3.3 Владеет аналитическими и вычислительными методами решения, понимает и учитывает на практике границы применимости получаемых решений

ОПК-4 Способен успешно реализовывать решение поставленной задачи, провести анализ результата и представить выводы, применяя знания и навыки в области физико-математических наук и информационно-коммуникационных технологий	ОПК-4.2 Способен применять знания в области физико-математических наук для решения поставленной задачи, формулирования выводов и оценки полученных результатов
	ОПК-4.3 Способен аргументировано выбирать способ проведения научного исследования
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-2.2 Способен проводить апробацию результатов научно-исследовательской работы посредством публикации научных статей и участия в конференциях

2. Показатели оценивания компетенций

В результате изучения дисциплины «Электрослабое взаимодействие» обучающийся должен:

знать:

- теорию Глэшоу-Вайнберга-Салама.

уметь:

- вычислять времена жизни частиц.

владеть:

- математическим аппаратом квантовой теории поля.

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

Вопросы для более глубокого самостоятельного изучения:

1. Непенормируемость 4-фермионного взаимодействия,
2. Теория массивного векторного бозона
3. Эффект Голдстоуна – спонтанное «нарушение» симметрии
4. Киральная симметрия КХД
5. Соотношение Гольдбергера-Треймана
6. Решаемые примеры: $U(1)$, $O(3)$, $SU(2)$.
7. Эффект Хиггса.
8. Локальная $U(1)$
9. Эффект Хиггса
10. Бозон Хиггса

Примеры контрольных заданий:

1. Дано одно вещественное поле в $1+1$ пространстве с двукратным потенциалом $\lambda \phi^4$ в 4, получить статическое решение (кинк).
2. В $O(3)$ сигма-модели найти массовый спектр. Каким образом взаимодействие голдстоунов оказывается пропорциональным их импульсам?
3. В абелевой модели Хиггса: получить фотонный пропагатор в R_ξ калибровке.
4. Для распространения нейтрино в веществе вывести формулу Михеева-Смирнова-Вольфенштейна.
5. Показать, что при калибровочном преобразовании векторного поля в теории Янга-Миллса связность преобразуется присоединенным образом.
6. Вычислить ширину распада Z -бозона в адроны.

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

1. Унитарная калибровка, калибровка Ландау, R-калибровки.
2. Бозонный сектор Стандартной Модели.
3. Локальная $SU(2)$,
4. Лагранжиан векторных полей,
5. Хиггсовский сектор.
6. «охранная» симметрия.
7. $SU(2) \times U(1)$ теория Глэшоу-Вайнберга-Салама: хиггсовский и калибровочный секторы.
8. Фермионы в Стандартной Модели.
9. Левые и правые фермионы.
10. Слабые взаимодействия лептонов и кварков.

Примеры экзаменационных билетов:

Билет 1:

- 1 Фермиевская константа G
- 2 Определение параметров $SU(2) \times U(1)$ -модели

Билет 2:

- 1 Нейтральные токи
- 2 Треугольные аномалии: кварк-лептонная симметрия, нейтральность атома водорода и нейтрино в СМ.

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 преподавателя. Опрос обучающегося на экзамене не должен превышать одного астрономического часа. Оценивание знаний производится в соответствии с вышеуказанными критериями в соответствии с содержанием дисциплины.