

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

**УТВЕРЖДЕНО**

**Директор физтех-школы  
природоподобных, плазменных и  
ядерных технологий им. И.В.  
Курчатова**

**Т.Е. Григорьев**

**Рабочая программа дисциплины (модуля)**

<b>по дисциплине:</b>	Экспериментальные методы исследования плазмы
<b>по направлению:</b>	Прикладные математика и физика
<b>профиль подготовки:</b>	Термоядерные и плазменные технологии Физтех-школа природоподобных, плазменных и ядерных технологий им. И.В. Курчатова кафедра физики и химии плазмы
<b>курс:</b>	1
<b>квалификация:</b>	магистр

Семестры, формы промежуточной аттестации:

1 (осенний) - Экзамен

2 (весенний) - Дифференцированный зачет

Аудиторных часов: 60 всего, в том числе:

лекции: 0 час.

семинары: 60 час.

лабораторные занятия: 0 час.

Самостоятельная работа: 45 час.

Подготовка к экзамену: 30 час.

Всего часов: 135, всего зач. ед.: 3

Программу составил: И.Б. Семенов, канд. физ.-мат. наук, доцент

Программа обсуждена на заседании кафедры физики и химии плазмы 30.04.2025

## Аннотация

Курс "Экспериментальные методы исследования плазмы" предусматривает ознакомление студентов с экспериментальными методами исследования плазмы.

Задачи дисциплины:

- формирование базовых знаний в области физики плазмы, освоение студентами теоретических методов анализа плазменных явлений, проявляющихся как в экспериментальных установках, так и в природе;
- развитие у студентов творческого подхода к выбору методов теоретического анализа различных плазменных явлений;
- оказание помощи студентам в проведении собственных теоретических и экспериментальных исследований в области физики плазмы.

По результатам освоения курса студент должен:

Знать:

принципы построения стандартного измерительного тракта плазмофизической установки;  
общие системы уравнений плазмы;  
структуру диагностического комплекса большой термоядерной установки;  
особенности диагностического комплекса ИТЭР.

Уметь:

быстро осваивать новые экспериментальные методы и теоретические модели в плазменных исследованиях;  
квалифицировано анализировать результаты экспериментальных и теоретических исследований;  
доводить до сведения научной общественности (выступление на семинарах, конференциях, публикации в научных журналах) результаты проведённой научной работы;  
проводить диагностику низкотемпературной плазмы

## 1. Цели и задачи

### Цель дисциплины

- ознакомление студентов с экспериментальными методами исследования плазмы.

### Задачи дисциплины

- формирование базовых знаний в области физики плазмы, освоение студентами теоретических методов анализа плазменных явлений, проявляющихся как в экспериментальных установках, так и в природе;
- развитие у студентов творческого подхода к выбору методов теоретического анализа различных плазменных явлений;
- оказание помощи студентам в проведении собственных теоретических и экспериментальных исследований в области физики плазмы.

## 2. Перечень формируемых компетенций

Освоение дисциплины направлено на формирование следующих компетенций:

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции
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	ПК-1.1 Способен находить, анализировать и обобщать информацию об актуальных результатах исследований в рамках тематической области своей профессиональной деятельности
	ПК-1.2 Способен выдвигать гипотезы, строить математические модели для описания изучаемых явлений и процессов, оценивать качество разработанной модели

новые научные результаты

ПК-1.3 Способен применять теоретические и (или) экспериментальные методы исследований к конкретной научной задаче и интерпретировать полученные результаты

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

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

принципы построения стандартного измерительного тракта плазмофизической установки;  
общие системы уравнений плазмы;  
структуру диагностического комплекса большой термоядерной установки;  
особенности диагностического комплекса ИТЭР.

уметь:

быстро осваивать новые экспериментальные методы и теоретические модели в плазменных исследованиях;

квалифицировано анализировать результаты экспериментальных и теоретических исследований;

доводить до сведения научной общественности (выступление на семинарах, конференциях, публикации в научных журналах) результаты проведённой научной работы;

проводить диагностику низкотемпературной плазмы.

владеть:

навыками освоения большого объёма информации;

навыками работы в коллективе лаборатории и самостоятельной работы;

умением искать теоретические объяснения экспериментальным результатам и экспериментальные подтверждения теоретическим моделям.

### 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	Аппаратура цифровой регистрации данных для диагностических комплексов плазменных установок		6		5
2	Вводная лекция		6		5
3	Диагностический комплекс большой термоядерной установки, как DATA INPUT для систем уравнений математических кодов и проведения поисковых исследований		6		5
4	Общие системы уравнений плазмы		4		5
5	Принципы построения стандартного измерительного тракта плазмофизической установки		4		5
6	Цифровые системы управления и сбора данных современных термоядерных установок		4		5
7	GRID-системы		4		
8	Диагностика низкотемпературной плазмы		6		

9	Особенности диагностического комплекса ИТЭР		8		
10	Работа с базами данных современных установок токамак		6		
11	Работа с основными математическими кодами, применяемыми для обработки экспериментальных данных установок токамак		6		15
Итого часов			60		45
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. Аппаратура цифровой регистрации данных для диагностических комплексов плазменных установок

Аппаратура цифровой регистрации данных для диагностических комплексов плазменных установок

- Немного истории техники А-Ц преобразования;
- Аналого-цифровые и цифроаналоговые преобразователи. Методики регистрации сигналов;
- Обработка сигналов (дискретизация). Интерполяция по Котельникову (Найквисту);
- Аппаратура регистрации формы импульсных сигналов;
- Многоканальные синхронные системы регистрации формы однократных импульсных сигналов. Структура построения синхронных многоканальных систем регистрации. Пример регистрации сигналов диамагнетизма и лазерного рассеяния;
- Особенности построения систем сбора данных на основе гальванически изолированных регистраторов
- Многоканальные системы сбора данных с “on line” обработкой информации.
- Программное обеспечение многоканальных систем сбора данных;
- Принцип измерения временных координат точек пересечения фазомодулированного и опорного сигналов с нулевой линией в цифровых интерферометрах. Пример установки Т-10 и современный подход в диагностическом комплексе стелларатора LHD.

#### 2. Вводная лекция

Вводная лекция.

#### 3. Диагностический комплекс большой термоядерной установки, как DATA INPUT для систем уравнений математических кодов и проведения поисковых исследований

Диагностический комплекс большой термоядерной установки, как DATA INPUT для систем уравнений математических кодов и проведения поисковых исследований.

- Общие электротехнические измерения (Пример, измерения Zeff- эффективного заряда плазмы);
- Применения магнитных зондов и петель;
- Применение электрических зондов;
- Спектральные измерения;
- Боллометрические измерения;
- Особенности измерения импульсных сигналов (лазерная диагностика, счечиковые методики);
- Измерения мягкого рентгеновского излучения;

- Методы измерения электронной температуры;
- Обратная задача хордовых измерений. Основные отличия томографии мягкого рентгеновского излучения и томографии нейтронных полей (Метод Родона);
- Измерения профиля температуры электронов
- Измерение профиля температуры ионов;
- Измерение профиля плотности плазмы
- Измерение профиля мягкого рентгеновского излучения
- Измерение профиля плотности тока
- Измерение профиля скорости тороидального вращения плазмы
- Измерение профиля интенсивности нейтронов
- Измерение структуры флуктуаций магнитного поля (магнитные зонды+ECE);
- Измерение профиля флуктуаций плотности плазмы (рефлектометрия);
- Измерение потенциала плазмы;
- Измерение жесткого рентгеновского излучения.

#### 4. Общие системы уравнений плазмы

Общие системы уравнений плазмы необходимые для:

- Расчета основных параметров плазмы токамака на примере кода ASTRA;
- Определения положения и формы плазменного шнура (коды ASTRA, DINA и EFIT).

#### 5. Принципы построения стандартного измерительного тракта плазмозфической установки

Принципы построения стандартного измерительного тракта плазмозфической установки

- Линейные измерительно-регистрирующие системы.
- Полоса частот и скорость передачи информации по электронным каналам. Коэффициент передачи, связь входного и выходного сигналов в фурье-пространстве. Рациональное использование спектров модуляции на примере FAX-модема компьютера. Информационная емкость.
- Применение уравнения Найквиста для создания измерительного тракта с оптимальным соотношением сигнал/шум.
- Согласование элементов измерительного тракта. Входное/выходное сопротивление четырехполосника.
- Применение пассивных элементов для создания амплитудно-частотных и фазово-частотных характеристик измерительного тракта.
- Применение активных элементов и операционных усилителей для создания амплитудно-частотных и фазово-частотных характеристик измерительного тракта.
- Аппаратная функция, уравнение свертки.
- Особенности построения измерительного тракта в области частот выше 1 МГц.

#### 6. Цифровые системы управления и сбора данных современных термоядерных установок

Цифровые системы управления и сбора данных современных термоядерных установок

- DAS (Data Acquisition System) установки T-10, как пример системы сбора данных малой установки;
- SCADA (System Control And Data Acquisition) система MDSPlus, как пример комплексного подхода на большой термоядерной установке;
- Особенности построения систем синхронизации и отработки аварийных ситуаций;
- Особенности построения цифровых систем реального времени для управления. Пример построения системы управлением положением и формой плазмы с применением усеченного (быстрого) кода EFIT;
- Особенности построения цифровых систем реального времени для стабилизации МГД-неустойчивостей. Пример стабилизации RWM на установке DIII-D.

## 7. GRID-системы

GRID-системы.

## 8. Диагностика низкотемпературной плазмы

Диагностика низкотемпературной плазмы.

## 9. Особенности диагностического комплекса ИТЭР

Особенности диагностического комплекса ИТЭР;

- Параметры ИТЭР;
- Назначение диагностического комплекса;
- Размещение и интеграция диагностик;
- Конструктивные особенности построения диагностик;
- Диагностики, разрабатываемые РФ;
- Введение в трехмерный САПР CATIA и программу ENOVIA.

## 10. Работа с базами данных современных установок токамак

Работа с базами данных современных установок токамак.

## 11. Работа с основными математическими кодами, применяемыми для обработки экспериментальных данных установок токамак

Работа с основными математическими кодами, применяемыми для обработки экспериментальных данных установок токамак.

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

учебная аудитория, оснащенная компьютером и мультимедийным оборудованием (проектор, звуковая система).

## 6.Перечень рекомендуемой литературы

Основная литература

1. Франк-Каменецкий Д. А. Лекции по физике плазмы. - Изд .дом Интеллект, 2008
2. Д. Ландау, Е. М. Лифшиц. Т. 8. Электродинамика сплошных сред. - М.: Наука, 2005
3. А. С. Вознесенский, И. Б. Семенов. Обработка и интерпретация результатов геофизических измерений и неразрушающего контроля. - М.: Издательство МГТУ, 2000

Дополнительная литература

1. Р. Хаддлстоун, С. Леонард, Диагностика плазмы. - Москва: Издательство «Мир», 1967
2. С.В. Мирнов. Физические процессы в плазме токамака. - М.: Энергоатомиздат, 1983
3. Гюйгенс Х. Три мемуара по механике. - М., изд-во АН СССР, 1951.
4. М.И. Рабинович. Д.И. Трубецков. Введение в теорию колебаний и волн. - М.: Наука, 1992
5. Е. И. Манаев. Основы радиофизики. - М.: "Радио и связь", 1990
6. С. Ю. Лукьянов, Диагностика термоядерной плазмы. - М.: Энергоатомиздат, 1985
7. К. Фукунака. Введение в статистическую теорию распознавания образов. - М.: Наука, 1979.
8. А. С. Вознесенский, И. Б. Семенов. Средства передачи и обработки измерительной информации. - М.: Издательство МГТУ, 1999

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

Не используются

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

не предусмотрены.

**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 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.

## ПРИЛОЖЕНИЕ

### ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)

<b>по направлению:</b>	Прикладные математика и физика
<b>профиль подготовки:</b>	Термоядерные и плазменные технологии Физтех-школа природоподобных, плазменных и ядерных технологий им. И.В. Курчатова кафедра физики и химии плазмы
<b>курс:</b>	<u>1</u>
<b>квалификация:</b>	магистр
Семестры, формы промежуточной аттестации:	
1 (осенний) - Экзамен	
2 (весенний) - Дифференцированный зачет	
<b>Разработчик:</b>	И.Б. Семенов, канд. физ.-мат. наук, доцент



## 1. Компетенции, формируемые в процессе изучения дисциплины

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции
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-1.1 Способен находить, анализировать и обобщать информацию об актуальных результатах исследований в рамках тематической области своей профессиональной деятельности
	ПК-1.2 Способен выдвигать гипотезы, строить математические модели для описания изучаемых явлений и процессов, оценивать качество разработанной модели
	ПК-1.3 Способен применять теоретические и (или) экспериментальные методы исследований к конкретной научной задаче и интерпретировать полученные результаты

## 2. Показатели оценивания компетенций

В результате изучения дисциплины «Экспериментальные методы исследования плазмы» обучающийся должен:

### знать:

принципы построения стандартного измерительного тракта плазмофизической установки;  
общие системы уравнений плазмы;  
структуру диагностического комплекса большой термоядерной установки;  
особенности диагностического комплекса ИТЭР.

### уметь:

быстро осваивать новые экспериментальные методы и теоретические модели в плазменных исследованиях;  
квалифицировано анализировать результаты экспериментальных и теоретических исследований;  
доводить до сведения научной общественности (выступление на семинарах, конференциях, публикации в научных журналах) результаты проведённой научной работы;  
проводить диагностику низкотемпературной плазмы.

### владеть:

навыками освоения большого объёма информации;  
навыками работы в коллективе лаборатории и самостоятельной работы;  
умением искать теоретические объяснения экспериментальным результатам и экспериментальные подтверждения теоретическим моделям.

## 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.

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

Вопросы к экзамену:

1. Принципы построения стандартного измерительного тракта плазмофизической установки
  - Линейные измерительно-регистрирующие системы.
  - Полоса частот и скорость передачи информации по электронным каналам. Коэффициент передачи, связь входного и выходного сигналов в фурье-пространстве. Рациональное использование спектров модуляции на примере FAX-модема компьютера. Информационная емкость.

- Применение уравнения Найквиста для создания измерительного тракта с оптимальным соотношением сигнал/шум.
  - Согласование элементов измерительного тракта. Входное/выходное сопротивление четырехполюсника.
  - Применение пассивных элементов для создания амплитудно-частотных и фазово-частотных характеристик измерительного тракта.
  - Применение активных элементов и операционных усилителей для создания амплитудно-частотных и фазово-частотных характеристик измерительного тракта.
  - Аппаратная функция, уравнение свертки.
  - Особенности построения измерительного тракта в области частот выше 1 МГц
2. Общие системы уравнений плазмы необходимые для:
- Расчета основных параметров плазмы токамака на примере кода ASTRA;
  - Определения положения и формы плазменного шнура (коды ASTRA, DINA и EFIT);
  - Расчета МГД-устойчивости плазмы.
3. Диагностический комплекс большой термоядерной установки, как DATA INPUT для систем уравнений математических кодов и проведения поисковых исследований.
- Общие электротехнические измерения (Пример, измерения  $Z_{eff}$ - эффективного заряда плазмы);
  - Применения магнитных зондов и петель;
  - Применение электрических зондов;
  - Спектральные измерения;
  - Болометрические измерения;
  - Особенности измерения импульсных сигналов (лазерная диагностика, счечиковые методики);
  - Измерения мягкого рентгеновского излучения;
  - Методы измерения электронной температуры;
  - Обратная задача хордовых измерений. Основные отличия томографии мягкого рентгеновского излучения и томографии нейтронных полей (Метод Родона);
  - Измерения профиля температуры электронов
  - Измерение профиля температуры ионов;
  - Измерение профиля плотности плазмы
  - Измерение профиля мягкого рентгеновского излучения
  - Измерение профиля плотности тока
  - Измерение профиля скорости тороидального вращения плазмы
  - Измерение профиля интенсивности нейтронов
  - Измерение структуры флуктуаций магнитного поля (магнитные зонды+ECE);
  - Измерение профиля флуктуаций плотности плазмы (рефлектометрия);
  - Измерение потенциала плазмы;
  - Измерение жесткого рентгеновского излучения;
4. Аппаратура цифровой регистрации данных для диагностических комплексов плазменных установок
- Немного истории техники А-Ц преобразования;
  - Аналого-цифровые и цифроаналоговые преобразователи. Методики регистрации сигналов;
  - Обработка сигналов (дискретизация). Интерполяция по Котельникову (Найквисту);
  - Аппаратура регистрации формы импульсных сигналов;
  - Многоканальные синхронные системы регистрации формы однократных импульсных сигналов. Структура построения синхронных многоканальных систем регистрации. Пример регистрации сигналов диамагнетизма и лазерного рассеяния;
  - Особенности построения систем сбора данных на основе гальванически изолированных регистраторов
  - Многоканальные системы сбора данных с “on line” обработкой информации.
  - Программное обеспечение многоканальных систем сбора данных;
  - Принцип измерения временных координат точек пересечения фазомодулированного и опорного сигналов с нулевой линией в цифровых интерферометрах. Пример установки Т-10 и современный подход в диагностическом комплексе стелларатора LHD;
5. Цифровые системы управления и сбора данных современных термоядерных установок

- DAS (Data Acquisition System) установки T-10, как пример системы сбора данных малой установки;
- SCADA (System Control And Data Acquisition) система MDSPlus, как пример комплексного подхода на большой термоядерной установке;
- Особенности построения систем синхронизации и обработки аварийных ситуаций;
- Особенности построения цифровых систем реального времени для управления. Пример построения системы управлением положением и формой плазмы с применением усеченного (быстрого) кода EFIT;
- Особенности построения цифровых систем реального времени для стабилизации МГД-неустойчивостей. Пример стабилизации RWM на установке DIII-D;
- 6. Работа с основными математическими кодами, применяемыми для обработки экспериментальных данных установок токамак;
- 7. Работа с базами данных современных установок токамак;
- 8. GRID-системы;
- 9. Диагностика низкотемпературной плазмы;
- 10. Особенности диагностического комплекса ИТЭР;
- Параметры ИТЭР;
- Назначение диагностического комплекса;
- Размещение и интеграция диагностик;
- Конструктивные особенности построения диагностик;
- Диагностики, разрабатываемые РФ;
- Введение в трехмерный САПР CATIA и программу ENOVIA.

Примеры экзаменационных билетов.

Пример 1.

1. Работа с основными математическими кодами, применяемыми для обработки экспериментальных данных установок токамак;
2. Общие системы уравнений плазмы необходимые для:
  - Расчета основных параметров плазмы токамака на примере кода ASTRA;
  - Определения положения и формы плазменного шнура (коды ASTRA, DINA и EFIT);
  - Расчета МГД-устойчивости плазмы.

Пример 2.

1. Работа с базами данных современных установок токамак;
2. Принципы построения стандартного измерительного тракта плазмофизической установки
  - Линейные измерительно-регистрирующие системы.
  - Полоса частот и скорость передачи информации по электронным каналам. Коэффициент передачи, связь входного и выходного сигналов в фурье-пространстве. Рациональное использование спектров модуляции на примере FAX-модема компьютера. Информационная емкость.

Вопросы к дифференцированному зачету:

1. GRID-системы.
2. Диагностика низкотемпературной плазмы.
3. Работа с основными математическими кодами, применяемыми для обработки экспериментальных данных установок токамак.
4. Работа с базами данных современных установок токамак.
5. Особенности диагностического комплекса ИТЭР

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**

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

При проведении устного дифференцированного зачета обучающемуся предоставляется 30 минут на подготовку. Опрос обучающегося по билету на устном дифференцированном зачете не должен превышать одного астрономического часа.