

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

**УТВЕРЖДЕНО**

**Директор физтех-школы  
электроники, фотоники и  
молекулярной физики**

**В.В. Иванов**

**Рабочая программа дисциплины (модуля)**

<b>по дисциплине:</b>	Физика химически активной плазмы
<b>по направлению:</b>	Прикладные математика и физика
<b>профиль подготовки:</b>	Физика перспективных технологий: альтернативная энергетика, научное программирование и функциональные материалы 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: 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: Б.В. Потапкин, канд. физ.-мат. наук, доцент

Программа обсуждена на заседании кафедры физики и химии плазмы 29.05.2020

## Аннотация

Курс "Физика химически активной плазмы" предусматривает освоение студентами фундаментальных знаний в области физики химически активной плазмы.

Задачи курса:

- формирование базовых знаний в области физики химически активной 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 химически активной плазмы;

По результатам освоения курса студент должен:

Знать:

- ☐ историю становления направления развития теоретической физики – физики плазмы;
- ☐ основные теоретические модели описания химически активной плазмы;
- ☐ пределы применимости гидродинамического и кинетического описания процессов в химически активной плазме;
- ☐ представление о равновесии плазмы;
- ☐ распространение магнитогидродинамических волн в плазме;
- ☐ потенциальные волны в плазме;
- ☐ неустойчивости плазмы;
- ☐ затухание волн в плазме;
- ☐ перенос вещества и энергии в плазме.

Уметь:

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

Основное содержание курса изложено в следующих разделах:

1. Газоразрядные иллюстрации.
2. Кинетическое описание химически активной плазмы.
3. МГД-уравнения многокомпонентной плазмы переменного состава.
4. Общие положения, основные понятия и предмет.
5. Простейшие течения неидеального газа.
6. Конкретные примеры.
7. Миграция заряда в слабоионизованном молекулярном газе, миграция энергии.
8. Решение кинетического уравнения для электронного газа с учетом столкновительного члена.
9. Химическая активность плазмы, обусловленная возбуждением колебательных состояний молекул.

## 1. Цели и задачи

### Цель дисциплины

- освоение студентами фундаментальных знаний в области физики химически активной плазмы.

## Задачи дисциплины

- формирование базовых знаний в области физики химически активной 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 химически активной 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 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

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

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

- ☐ историю становления направления развития теоретической физики – физики плазмы;
- ☐ основные теоретические модели описания химически активной плазмы;
- ☐ пределы применимости гидродинамического и кинетического описания процессов в химически активной плазме;
- ☐ представление о равновесии плазмы;
- ☐ распространение магнитогидродинамических волн в плазме;
- ☐ потенциальные волны в плазме;
- ☐ неустойчивости плазмы;
- ☐ затухание волн в плазме;
- ☐ перенос вещества и энергии в плазме.

уметь:

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

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	Газоразрядные иллюстрации.	3	3		8
2	Кинетическое описание химически активной плазмы.	3	3		8
3	МГД-уравнения многокомпонентной плазмы переменного состава.	3	3		7
4	Общие положения, основные понятия и предмет.	3	3		5
5	Простейшие течения неидеального газа.	3	3		2
6	Конкретные примеры.	3	3		
7	Миграция заряда в слабоионизованном молекулярном газе, миграция энергии.	4	4		15
8	Решение кинетического уравнения для электронного газа с учетом столкновительного члена.	4	4		
9	Химическая активность плазмы, обусловленная возбуждением колебательных состояний молекул.	4	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: 1 (Осенний)

##### 1. Газоразрядные иллюстрации.

Газоразрядные иллюстрации. Квазиравновесные и неравновесные системы. Температура квазиравновесной системы, температура электронов и нейтрального газа в неравновесной системе, концентрация заряженных частиц для квазиравновесия и в случае сильного неравновесия. Примеры: основные характеристики, химическая активность тлеющего разряда, дугового разряда, ВЧ-разряда, СВЧ-разряда. Плазма электронно – пучкового разряда, тлеющий разряд, инициируемый потоком энергичных электронов, ВЧ и СВЧ-разряды в потоке газа, постоянноточковая аналогия.

##### 2. Кинетическое описание химически активной плазмы.

Кинетическое описание химически активной плазмы. Анализ кинетического уравнения Больцмана, роль столкновительного члена, элементарные процессы в слабоионизованном газе. Упругое и неупругое взаимодействие заряженных частиц с молекулярным газом. Возбуждение колебательных уровней электронным ударом, возбуждение электронной структуры молекул. Образование отрицательных ионов. Процессы диссоциативного прилипания, образование молекулярных отрицательных ионов. Замечания о кластерных и комплексных ионах. Гибель заряженных частиц в слабоионизованном газе, процессы распада отрицательных ионов.

##### 3. МГД-уравнения многокомпонентной плазмы переменного состава.

МГД-уравнения многокомпонентной плазмы переменного состава. Простейшие модельные системы: 3-х компонентная плазма с нейтральным газом, 4-х компонентная плазма с нейтральным газом и отрицательными ионами, сравнение с 3-х компонентной плазмой для двух сортов ионов. Закон Ома для 3-х компонентной плазмы, проводимость частично ионизованного газа, закон Ома в форме Шлютера - Каулинга. Понятие замагниченности неполностью ионизованного газа. Слабоионизованный газ в предположении малой ионизации заряженного компонента, газоразрядное приближение: подвижность, проводимость, закон Ома в газоразрядном приближении.

#### 4. Общие положения, основные понятия и предмет.

Фундаментальные иллюстрации: в астрофизике, физика космоса, физике молекулярных лазеров; связь с физикой газового разряда. Технические иллюстрации - плазмохимия, плазменная технология. Общие подходы в описании поведения систем химически активной плазмы переменного состава: упрощенный МГД-подход, описание на основе решения кинетических уравнений со столкновительным членом.

#### 5. Простейшие течения неидеального газа.

Простейшие течения неидеального газа. Уравнение Навье - Стокса в МГД-приближении. Течение Гартмана, параметр Гартмана, предельные случаи. Псевдогартмановское течение во вращающейся плазме. Значение параметра Мессе, постулат Альфвена. Пространственное разделение компонент в слабоионизованном газе. Неравновесные системы в случае термического равновесия. Иллюстрации для плазмы  $H_2S$  и  $CH_4$ .

### Семестр: 2 (Весенний)

#### 6. Конкретные примеры.

Конкретные примеры. Плазма диоксида углерода и азотнокислородная плазма при наличии колебательно возбужденных молекул. Оптимизация диссоциации диоксида углерода колебательно возбужденных молекул. Процесс синтеза оксидов азота при наличии колебательно возбужденных молекул.

#### 7. Миграция заряда в слабоионизованном молекулярном газе, миграция энергии.

Миграция заряда в слабоионизованном молекулярном газе, миграция энергии. Электронный газ - основной переносчик энергии в системах со слабоионизованным газом. Примеры использования эффекта возбуждения электронной структуры молекулы электронным газом. Генерация озона в природе и технике, озоносфера. Обеспечение получения высокоэнергичных электронов в неоднородных разрядах с высоким значением отношения напряженности электрического поля к концентрации нейтрального газа. Примеры - коронный разряд, понятие стримера, роль полярности коронирующего электрода, стадия искры. Барьерный разряд, неоднородный разряд в природе, молния.

#### 8. Решение кинетического уравнения для электронного газа с учетом столкновительного члена.

Решение кинетического уравнения для электронного газа с учетом столкновительного члена. Нахождение функции распределения для электронов в слабоионизованном газе. Немаксвелловские функции распределения для электронов: функция Дрюйвестейна, Моргенау, влияние учета возбуждения электронной структуры молекул на функцию распределения электронов.

#### 9. Химическая активность плазмы, обусловленная возбуждением колебательных состояний молекул.

Химическая активность плазмы, обусловленная возбуждением колебательных состояний молекул. Колебательная кинетика, нахождение функций распределения колебательно возбужденных молекул. Приближенное описание функций распределения по колебательным состояниям: распределение Тринора, отличие от распределения Больцмана, учет УТ-релаксации, учет химической реакции. Коэффициент скорости реакции с учетом колебательного возбуждения.

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

учебная аудитория, персональные компьютеры с доступом в Интернет.

## **6.Перечень рекомендуемой литературы**

### **Основная литература**

1. Франк-Каменецкий Д.А. Лекции по физике плазмы. Изд .дом Интеллект, 2008г.
2. Лифшиц Е.М, Питаевский Л.П., Физическая кинетика. Теор.физика,т.10, 2001.
3. Фортов В.Е. и др. Пылевая плазма. УФН май 2004г. т. 174, №5 с 495-544.
4. [http://mipt.ru/study/net\\_libr/](http://mipt.ru/study/net_libr/).
5. Игнатов А.М.Физические процессы в пылевой плазме.Физика плазмы 2005 г. т 31 №1 с 52-63. Basics of Dusty Plasma A. M. Ignatov p.46 abstract.
6. Д. Ландау, Е. М. Лифшиц.-М.:Наука. Т. 8:Электродинамика сплошных сред.- 2005.-664 с.:

### **Дополнительная литература**

1. Ю.П.Райзер. Физика газового разряда. Москва. Наука. 1987.
2. В.Д.Русанов, А.А.Фридман. Физика химически активной плазмы Москва Наука. 1984.
- 3.Неравновесное воздействие плазмы микроволнового разряда атмосферного давления на процесс конверсии метана и керосина в синтез-газ
4. В.Д.Русанов, В.К.Животов, Б.В.Потапкин и др. ДОКЛАДЫ АКАДЕМИИ НАУК, Том 395, номер 5, 2004
5. Интегрированные Системы Моделирования Химических Реакций для Обучения Химической Термодинамике и Кинетике. Опыт Использования в МФТИ.  
<http://www.chem.msu.su/rus/vmgu/00add/013/welcome.html>

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

1. [http://www.maik.ru/contents/plasphys/plasphys\\_1\\_5v31cont.htm](http://www.maik.ru/contents/plasphys/plasphys_1_5v31cont.htm)

## **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.

**ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)**

<b>по направлению:</b>	Прикладные математика и физика
<b>профиль подготовки:</b>	Физика перспективных технологий: альтернативная энергетика, научное программирование и функциональные материалы 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	
<b>Разработчик:</b>	Б.В. Потапкин, 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 «Физика химически активной плазмы» обучающийся должен:

### знать:

- ☐ историю становления направления развития теоретической физики – физики плазмы;
- ☐ основные теоретические модели описания химически активной плазмы;
- ☐ пределы применимости гидродинамического и кинетического описания процессов в химически активной плазме;
- ☐ представление о равновесии плазмы;
- ☐ распространение магнитогидродинамических волн в плазме;
- ☐ потенциальные волны в плазме;
- ☐ неустойчивости плазмы;
- ☐ затухание волн в плазме;
- ☐ перенос вещества и энергии в плазме.

### уметь:

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

### 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 по теме прошлой лекции или в конце занятия по пройденной теме.

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

Вопросы к экзамену:

1. Общие положения, основные понятия и предмет. Фундаментальные иллюстрации: в астрофизике, физика космоса, физике молекулярных лазеров; связь с физикой газового разряда. Технические иллюстрации - плазмохимия, плазменная технология. Общие подходы в описании поведения систем химически активной плазмы переменного состава: упрощенный МГД-подход, описание на основе решения кинетических уравнений со столкновительным членом.
2. МГД-уравнения многокомпонентной плазмы переменного состава. Простейшие модельные системы: 3-х компонентная плазма с нейтральным газом, 4-х компонентная плазма с нейтральным газом и отрицательными ионами, сравнение с 3-х компонентной плазмой для двух сортов ионов. Закон Ома для 3-х компонентной плазмы, проводимость частично ионизованного газа, закон Ома в форме Шлютера - Каулинга. Понятие замагниченности неполностью ионизованного газа. Слабоионизованный газ в предположении малой ионизации заряженного компонента, газоразрядное приближение: подвижность, проводимость, закон Ома в газоразрядном приближении.
3. Газоразрядные иллюстрации. Квазиравновесные и неравновесные системы. Температура квазиравновесной системы, температура электронов и нейтрального газа в неравновесной системе, концентрация заряженных частиц для квазиравновесия и в случае сильного неравновесия. Примеры: основные характеристики, химическая активность тлеющего разряда, дугового разряда, ВЧ-разряда, СВЧ-разряда. Плазма электронно – пучкового разряда, тлеющий разряд, иницируемый потоком энергичных электронов, ВЧ и СВЧ-разряды в потоке газа, постояннотоковая аналогия.
4. Простейшие течения неидеального газа. Уравнение Навье - Стокса в МГД-приближении. Течение Гартмана, параметр Гартмана, предельные случаи. Псевдогартмановское течение во вращающейся плазме. Значение параметра Мессе, постулат Альфвена. Пространственное разделение компонент в слабоионизованном газе. Неравновесные системы в случае термического равновесия. Иллюстрации для плазмы  $H_2S$  и  $CH_4$ .
5. Кинетическое описание химически активной плазмы. Анализ кинетического уравнения Больцмана, роль столкновительного члена, элементарные процессы в слабоионизованном газе. Упругое и неупругое взаимодействие заряженных частиц с молекулярным газом. Возбуждение колебательных уровней электронным ударом, возбуждение электронной структуры молекул. Образование отрицательных ионов. Процессы диссоциативного прилипания, образование молекулярных отрицательных ионов. Замечания о кластерных и комплексных ионах. Гибель заряженных частиц в слабоионизованном газе, процессы распада отрицательных ионов.
6. Миграция заряда в слабоионизованном молекулярном газе, миграция энергии. Электронный газ - основной переносчик энергии в системах со слабоионизованным газом. Примеры использования эффекта возбуждения электронной структуры молекулы электронным газом. Генерация озона в природе и технике, озоносфера. Обеспечение получения высокоэнергичных электронов в неоднородных разрядах с высоким значением отношения напряженности электрического поля к концентрации нейтрального газа. Примеры - коронный разряд, понятие стримера, роль полярности коронирующего электрода, стадии искры. Барьерный разряд, неоднородный разряд в природе, молния.
7. Решение кинетического уравнения для электронного газа с учетом столкновительного члена. Нахождение функции распределения для электронов в слабоионизованном газе. Немаксвелловские функции распределения для электронов: функция Дрюйвестейна, Моргенау, влияние учета возбуждения электронной структуры молекул на функцию распределения электронов.
8. Химическая активность плазмы, обусловленная возбуждением колебательных состояний молекул. Колебательная кинетика, нахождение функций распределения колебательно возбужденных молекул. Приближенное описание функций распределения по колебательным состояниям: распределение Тринора, отличие от распределения Больцмана, учет УТ-релаксации, учет химической реакции. Коэффициент скорости реакции с учетом колебательного возбуждения.
9. Конкретные примеры. Плазма диоксида углерода и азотнокислородная плазма при наличии колебательно возбужденных молекул. Оптимизация диссоциации диоксида углерода колебательно возбужденных молекул. Процесс синтеза оксидов азота при наличии колебательно возбужденных молекул.

Примеры экзаменационных билетов.

Пример 1.

1. Общие положения, основные понятия и предмет. Фундаментальные иллюстрации: в астрофизике, физика космоса, физике молекулярных лазеров; связь с физикой газового разряда. Технические иллюстрации - плазмохимия, плазменная технология. Общие подходы в описании поведения систем химически активной плазмы переменного состава: упрощенный МГД-подход, описание на основе решения кинетических уравнений со столкновительным членом.
2. Решение кинетического уравнения для электронного газа с учетом столкновительного члена. Нахождение функции распределения для электронов в слабоионизованном газе. Немаксвелловские функции распределения для электронов: функция Дрюйвестейна, Моргенау, влияние учета возбуждения электронной структуры молекул на функцию распределения электронов.

#### Пример 2.

1. Простейшие течения неидеального газа. Уравнение Навье - Стокса в МГД-приближении. Течение Гартмана, параметр Гартмана, предельные случаи. Псевдогартмановское течение во вращающейся плазме. Значение параметра Мессе, постулат Альфвена. Пространственное разделение компонент в слабоионизованном газе. Неравновесные системы в случае термического равновесия. Иллюстрации для плазмы  $H_2S$  и  $CH_4$ .
2. Конкретные примеры. Плазма диоксида углерода и азотнокислородная плазма при наличии колебательно возбужденных молекул. Оптимизация диссоциации диоксида углерода колебательно возбужденных молекул. Процесс синтеза оксидов азота при наличии колебательно возбужденных молекул.

#### 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**

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.