

**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>	Методы экспериментального и компьютерного моделирования процессов переноса проникающих излучений и противорадиационной защиты
<b>по направлению:</b>	Прикладные математика и физика
<b>профиль подготовки:</b>	Суперкомпьютерное моделирование в прикладной физике Физтех-школа природоподобных, плазменных и ядерных технологий им. И.В. Курчатова кафедра моделирования ядерных процессов и технологий
<b>курс:</b>	1
<b>квалификация:</b>	магистр

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

Аудиторных часов: 30 всего, в том числе:

лекции: 15 час.

семинары: 15 час.

лабораторные занятия: 0 час.

Самостоятельная работа: 75 час.

Подготовка к экзамену: 30 час.

Всего часов: 135, всего зач. ед.: 3

Программу составил: В.Ф. Цибульский, д-р техн. наук, старший научный сотрудник

Программа обсуждена на заседании кафедры моделирования ядерных процессов и технологий 30.04.2025

## Аннотация

Студенты, изучающие курс «Методы математической физики в задачах тепло-массопереноса разреженного газа», должны овладеть общим понятийным аппаратом и научиться применять теоретические знания на практике. В результате изучения дисциплины студент должен иметь основные представления о физических процессах, лежащих в основе кинетической теории Больцмана, уметь задавать граничные условия для различных задач кинетической теории, рассчитывать и анализировать газокинетические процессы тепло-массопереноса, рассчитывать основные физические характеристики газокинетических процессов, знать области применения компьютерного моделирования к Кнудсеновским микронасосам различного типа.

### 1. Цели и задачи

#### Цель дисциплины

- изложение описания процессов переноса массы и энергии на основе уравнения Больцмана;
- описание конечно-разностных аппроксимаций оператора адвекции кинетического уравнения, расщепления кинетического уравнения по физическим процессам. Дискретная реализация начальных и граничных условий.

#### Задачи дисциплины

- формирование базовых знаний в области физики переноса массы и энергии на основе кинетического уравнения Больцмана;
- обучение студентов основным методам и подходам, используемым в кинетической теории, изучение базовых принципов кинетической теории, основанной на уравнении Больцмана;
- формирование подходов, основанных на конечно-разностных аппроксимациях оператора адвекции кинетического уравнения, расщепление кинетического уравнения по физическим процессам. Дискретная реализация начальных и граничных условий.

### 2. Перечень формируемых компетенций

Освоение дисциплины направлено на формирование следующих компетенций:

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции
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-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-4.1 Способен применять знания и навыки по использованию информационно-коммуникационных технологий для поиска и изучения научной литературы, применения прикладных программных продуктов
	ОПК-4.3 Способен аргументировано выбирать способ проведения научного исследования
ОПК-5 Способен и готов к повышению квалификации, профессиональному росту и руководству коллективом в сфере своей профессиональной деятельности, толерантно воспринимая социальные, этнические, конфессиональные и культурные различия	ОПК-5.3 Стремится к получению новых знаний, профессиональному и личностному росту
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-1.3 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
---	---

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

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

- принципы и методы кинетической теории Больцмана, получения когерентного излучения, физические явления, лежащие в основе методов переноса газов и излучений в сложных средах и композициях.

уметь:

- численно решать кинетическое уравнение.

владеть:

- методами компьютерного моделирования газокинетических процессов, методами разработки проблемно-моделирующих сред на современных суперкомпьютерных системах.

### 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	Методы калибровки детекторов для измерения абсолютных значений плотности потоков, энергетических спектров и мощностей доз нейтронов и гамма-излучения.	2	2		10
2	Основные принципы и методы регистрации ядерных излучений.	4	4		16
3	Особенности регистрации нейтронов и гамма-квантов.	2	2		12
4	Радиоактивность.	2	2		12
5	Характеристики взаимодействия проникающих ядерных излучений с веществом.	3	3		15
6	Экспериментальное моделирование переноса проникающих ионизирующих излучений в веществе.	2	2		10
Итого часов		15	15		75
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. Методы калибровки детекторов для измерения абсолютных значений плотности потоков, энергетических спектров и мощностей доз нейтронов и гамма-излучения.

- Абсолютные измерения и оценка интенсивности нейтронных источников.
- Определение абсолютных значений плотностей потоков быстрых нейтронов с использованием абсолютных измерений величины наведенной активности методом  $\beta$ - $\gamma$  совпадений и с использованием пороговых активационных детекторов по методу сравнения с полем нейтронов стандартного источника.
- Методика калибровки гамма-дозиметров, "ход с жесткостью".
- Методика измерения абсолютных значений групповых потоков (спектров) нейтронов, фотонов методом "протонов отдачи" или "комптоновских электронов".
- Источники фона, методы его измерения и подавления.
- Методы коллимации пучков и детекторов излучений.

## 2. Основные принципы и методы регистрации ядерных излучений.

- Ионизационный метод.
- Общие положения: ионизация, движение электронов, положительных и отрицательных ионов в газах, рекомбинация.
- Ионизационные камеры: ионизационный ток, постоянная и импульсная ионизация, работа камер в токовом и импульсном режиме, технология измерения малых токов. Греевские камеры с воздухоеквивалентными стенками: токовые, зарядовые.
- Пропорциональные счетчики: газовое усиление, область пропорциональности, форма и величина импульса, мертвое время, временное разрешение, счетная и загрузочная характеристики.
- Детекторы нейтронов и фотонов с твердым и газообразным радиатором; счетчики нейтронов на основе реакций (n,p), (n, $\alpha$ ), (n,f) и т.п., всеволновый (типа Хэнсона-МакКиббена) счетчик нейтронов; детекторы бета-излучения.
- Использование ионизационного метода в спектрометрии ядерных излучений.
- Счетчики Гейгера-Мюллера: несамогасящиеся и самогасящиеся счетчики, мертвое и восстановительное время, эффективность регистрации фотонов, заряженных частиц.
- Конструкции камер и счетчиков.
- Сцинтилляционный метод.
- Принцип действия сцинтилляционного счетчика.
- Образование вспышки: люминесценция в сцинтилляторе под действием ионизирующих излучений, длина волны световой вспышки, время высвечивания сцинтиллятора. Сцинтилляторы: основные требования к ним, органические и неорганические, пластмассы, инертные газы; световоды.
- Фотоумножители: принцип действия, эффективность фотокатода, формирование импульса на аноде фотоумножителя.
- Разрешающее время и временное разрешение сцинтилляционного счетчика.
- Сцинтилляционные спектрометры быстрых нейтронов, фотонов, схемы разделения импульсов нейтронов и фотонов; сцинтилляционные счетчики, дозиметры излучений.
- Полупроводниковые детекторы ионизирующих излучений. Образование носителей заряда под действием излучения, чувствительный слой полупроводникового детектора.
- Энергетическое и временное разрешение, эффективность регистрации; работа в счетном и спектрометрическом режиме.
- Поверхностно-барьерные, диффузионные полупроводниковые детекторы, накопление радиационных дефектов, предельные потоки излучений (ресурс работы).
- Типы ППД. Пространственное и временное разрешение
- Метод наведенной радиоактивности для регистрации нейтронов. Ядерные реакции для регистрации тепловых, замедляющихся и быстрых нейтронов, правила выбора используемой реакции, индикаторы (материал, габариты).
- Методика облучения индикаторов, паразитная наведенная радиоактивность и методы ее подавления. Способы измерения наведенной радиоактивности, измерение абсолютного числа распадов методом  $\beta$ - $\gamma$  совпадений.
- Активационные методы измерения потоков тепловых и резонансных нейтронов.
- Пороговые активационные детекторы для регистрации быстрых нейтронов, определение энергетического состава нейтронов в пучке.

- Трековые детекторы.
- Камера Вильсона; ядерные фотоэмульсии; пузырьковая камера; искровая камера.

### 3. Особенности регистрации нейтронов и гамма-квантов.

Особенности регистрации нейтронов и гамма-квантов в смешанных гамма-нейтронных полях ядерных установок, требования к детекторам излучений.

### 4. Радиоактивность.

Основной закон радиоактивного распада, постоянная распада, период полураспада, схемы распада; наведенная радиоактивность, активность насыщения.

Требования к методике измерений и детекторам излучений в макроскопических базовых экспериментах.

### 5. Характеристики взаимодействия проникающих ядерных излучений с веществом.

- Взаимодействие нейтронов с веществом. Полное и парциальные сечения взаимодействия нейтронов с ядрами, зависимость от энергии нейтронов и ядра-мишени. Упругое рассеяние нейтронов, сброс энергии и изменение направления движения (анизотропия рассеяния). Средняя логарифмическая потеря энергии, определение числа столкновений для замедления до заданной энергии. Неупругое рассеяние нейтронов, энергетический порог реакции, угловое и энергетическое распределение рассеянных нейтронов, вторичное гамма-излучение. Радиационный захват нейтронов и захват нейтронов без образования вторичного гамма-излучения.
- Взаимодействие гамма-квантов с веществом. Линейный и массовый коэффициенты ослабления, парциальные составляющие.
- Фотоэлектрическое поглощение гамма-квантов, сопутствующее рентгеновское и тормозное излучения. Комптоновское рассеяние фотонов, изменение энергии и направления движения (анизотропия рассеяния). Эффект образования пар, пороговый характер сечения, аннигиляционное гамма-излучение. Зависимость указанных процессов от энергии гамма-квантов, заряда ядра. Полный коэффициент ослабления для легких и тяжелых материалов.
- Взаимодействие заряженных частиц с веществом. Тяжелые заряженные частицы, ионизационные потери энергии  $\alpha$ -частиц и протонов, коэффициент торможения вещества, зависимость среднего пробега от скорости и массы частиц, кривая Брэгга, интегральный и дифференциальный спектры пробегов.
- Электроны. Радиационные и ионизационные потери энергии, зависимость их от скорости электронов и характеристик вещества, экстраполированная и максимальная длина пробега.
- Приближенные соотношения для расчета пробега заряженных частиц в веществе.
- Роль рассмотренных характеристик взаимодействия излучений с ядрами и атомами вещества при моделировании макропереноса и глубокого прохождения излучений в задачах радиационной защиты и безопасности. Связь макрохарактеристик переноса с микросечениями взаимодействия излучений с ядрами и атомами вещества. Примеры практического использования рассмотренных процессов взаимодействия излучений с веществом в указанных задачах.

### 6. Экспериментальное моделирование переноса проникающих ионизирующих излучений в веществе.

- Экспериментальное моделирование переноса проникающих ионизирующих излучений в веществе. Базовые (типа benchmark) и модельные, проблемно -ориентированные, макроскопические эксперименты по исследованию переноса нейтронов и фотонов делительного диапазона энергий в различных материалах и сложных композициях в одномерной и двумерной (R-Z) геометрии; дифференциальные (энерго -угловые) характеристики функции пропускания (отражения); глубокое прохождение (deep penetration) первичного излучения реактора, генерация и перенос вторичных фотонов (нейтронов), широкий мононаправленный пучок излучений реактора как «инструмент» для макроскопических benchmark экспериментов высокой информативности.

- Установка ОР-М РНЦ «Курчатовский институт»-уникальная исследовательская установка России для проведения базовых (класса benchmark) макроскопических экспериментов по проблеме переноса нейтронов и фотонов в веществе.

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

Учебная аудитория, оснащенная рабочими станциями, объединенными в сеть.

## **6.Перечень рекомендуемой литературы**

### **Основная литература**

1. Ионизационные методы исследования излучений [Текст]/В. Векслер, Л. Грошев, Б. Исаев, -М.; Л., Гостехиздат, 1949
2. Экспериментальная ядерная физика [Текст]. В 3 т. Т. 1/под ред. Э. Сегре, -М., Изд-во иностранной лит., 1955
3. Экспериментальная ядерная физика [Текст]. Т. 2, [монография]/под ред. Э. Сегре, -М., Изд-во иностр. лит., 1955
4. Физика быстрых нейтронов [Текст]. Т. 1/под ред. Дж. Мариона, Дж. Фаулера, Техника эксперимента, -М., Госатомиздат, 1963
5. Сцинтилляционный метод спектрометрии гамма-излучения и быстрых нейтронов [Текст]/Ю. А. Егоров, -М., Госатомиздат, 1963
6. Л. Кёртис, «Введение в нейтронную физику», Атомиздат, М, 1965 г.

### **Дополнительная литература**

1. Уникальные разработки и экспериментальная база Курчатовского института [Текст]/под общ. ред. Н. Н. Пономарева- Степного, -М., ИздАт, 2008
2. Н.А. Вартанов, П.С. Самойлов, «Прикладная сцинтилляционная гамма-спектрометрия», Атомиздат, М, 1969 г.
3. Ю.И. Колеватов, В.П. Семенов, Л.А. Трыков, «Спектрометрия нейтронов и гамма-излучения в радиационной физике», Энергоатомиздат, М, 1990 г.
4. Дж. Дирнли, Д. Нортроп, «Прикладная спектрометрия с полупроводниковыми детекторами», пер. с англ., М, 1974 г.
5. Г.И.Марчук, Методы расчета ядерных реакторов, М.,1961г.
6. Д.Белл, С. Глесстон Теория ядерных реакторов, М., Атомиздат,1974.
7. А.Д.Франк-Каменецкий Моделирование траекторий нейтронов при расчете реакторов методом Монте-Карло, Физика ядерных реакторов, М.,Атомиздат, 1978г.

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

[www.nndc.bnl.gov](http://www.nndc.bnl.gov) [www.lanl.gov](http://www.lanl.gov)

## **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)**

Студенты, изучающие курс «Методы экспериментального и компьютерного моделирования процессов переноса проникающих излучений и противорадиационной защиты», должны овладеть общим понятийным аппаратом и научиться применять теоретические знания на практике. В результате изучения дисциплины студент должен иметь основные представления о физических процессах, лежащих в основе кинетической теории Больцмана, уметь задавать граничные условия для различных задач кинетической теории, рассчитывать и анализировать радиационные процессы в сложных средах и композициях, измерять основные физические характеристики проникающих излучений, знать области применения детекторов различного типа для измерений проникающих излучений различного типа. Показателем владения материалом служит умение решать задачи и ориентироваться в круге вопросов, связанных с проблемами противорадиационной защиты. Для формирования умения применять теоретические знания на практике студенту необходимо проведение радиационных измерений в задачах переноса проникающих излучений в сложных средах и композициях.

Успешное освоение курса требует:

- посещения всех занятий, предусмотренных учебным планом по дисциплине;
- ведения конспекта занятий;
- напряжённой самостоятельной работы студента.

Самостоятельная работа включает в себя:

- чтение рекомендованной литературы;
- проработку учебного материала, подготовку ответов на вопросы, предназначенных для самостоятельного изучения;
- решение задач, предлагаемых студентам на занятиях;
- подготовку к выполнению заданий промежуточной аттестации.

Показателем владения материалом служит умение без конспекта отвечать на вопросы по темам дисциплины.

Важно добиться понимания изучаемого материала, а не механического его запоминания. При затруднении изучения отдельных тем, вопросов, следует обращаться за консультациями преподавателю.

## ПРИЛОЖЕНИЕ

### ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)

<b>по направлению:</b>	Прикладные математика и физика
<b>профиль подготовки:</b>	Суперкомпьютерное моделирование в прикладной физике Физтех-школа природоподобных, плазменных и ядерных технологий им. И.В. Курчатова кафедра моделирования ядерных процессов и технологий
<b>курс:</b>	<u>1</u>
<b>квалификация:</b>	магистр
Семестр, формы промежуточной аттестации: 1 (осенний) - Экзамен	
<b>Разработчик:</b>	В.Ф. Цибульский, д-р техн. наук, старший научный сотрудник

## 1. Компетенции, формируемые в процессе изучения дисциплины

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции
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-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-4.1 Способен применять знания и навыки по использованию информационно-коммуникационных технологий для поиска и изучения научной литературы, применения прикладных программных продуктов
	ОПК-4.3 Способен аргументировано выбирать способ проведения научного исследования
ОПК-5 Способен и готов к повышению квалификации, профессиональному росту и руководству коллективом в сфере своей профессиональной деятельности, толерантно воспринимая социальные, этнические, конфессиональные и культурные различия	ОПК-5.3 Стремится к получению новых знаний, профессиональному и личностному росту
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-1.3 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

## 2. Показатели оценивания компетенций

В результате изучения дисциплины «Методы экспериментального и компьютерного моделирования процессов переноса проникающих излучений и противорадиационной защиты» обучающийся должен:

### знать:

- принципы и методы кинетической теории Больцмана, получения когерентного излучения, физические явления, лежащие в основе методов переноса газов и излучений в сложных средах и композициях.

### уметь:

- численно решать кинетическое уравнение.

### владеть:

- методами компьютерного моделирования газокинетических процессов, методами разработки проблемно-моделирующих сред на современных суперкомпьютерных системах.

## 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. Взаимодействие нейтронов с веществом.
2. Полное и парциальные сечения взаимодействия нейтронов с ядрами
3. Неупругое рассеяние нейтронов
4. Энергетический порог реакции
5. Угловое и энергетическое распределение рассеянных нейтронов
6. Вторичное гамма-излучение.
7. Радиационный захват нейтронов
8. Захват нейтронов без образования вторичного гамма- излучения.
9. Взаимодействие гамма-квантов с веществом.
10. Фотоэлектрическое поглощение гамма-квантов, сопутствующее рентгеновское и тормозное излучения.
12. Комптоновское рассеяние фотонов, изменение энергии и направления движения (анизотропия рассеяния).
13. Эффект образования пар, пороговый характер сечения, аннигиляционное гамма-излучение.
14. Взаимодействие заряженных частиц с веществом.
15. Тяжелые заряженные частицы, ионизационные потери энергии  $\alpha$ -частиц
16. Коэффициент торможения вещества.
17. Кривая Брэгга.
18. Интегральный и дифференциальный спектры пробегов.
19. Электроны. Радиационные и ионизационные потери энергии
20. Приближенные соотношения для расчета пробега заряженных частиц в веществе.
21. Релаксационная модель.
22. Методы решения уравнения диффузии
23. Метод дискретных ординат для решения уравнения переноса.
24. Метод Монте-Карло.
25. Групповое приближение и групповые константы.

Примеры экзаменационных билетов:

Билет 1.

1. Комптоновское рассеяние фотонов, изменение энергии и направления движения (анизотропия рассеяния).
2. Эффект образования пар, пороговый характер сечения, аннигиляционное гамма-излучение.

Билет 2.

- 1 Взаимодействие заряженных частиц с веществом.
2. Тяжелые заряженные частицы, ионизационные потери энергии  $\alpha$ -частиц.

Билет 3.

- 1 Коэффициент торможения вещества.
2. Кривая Брэгга.

Билет 4.

1. Интегральный и дифференциальный спектры пробегов.
2. Электроны. Радиационные и ионизационные потери энергии.

Критерии оценивания

Оценка "отлично" (10 баллов) выставляется студенту, показавшему всесторонние, систематизированные, глубокие знания учебной программы дисциплины, проявляющему интерес к данной предметной области, продемонстрировавшему умение уверенно и творчески применять их на практике при решении конкретных задач, свободное и правильное обоснование принятых решений.

Оценка "отлично" (9 баллов) выставляется студенту, показавшему всесторонние, систематизированные, глубокие знания учебной программы дисциплины и умение уверенно применять их на практике при решении конкретных задач, свободное и правильное обоснование принятых решений.

Оценка "отлично" (8 баллов) выставляется студенту, показавшему всесторонние, систематизированные, глубокие знания учебной программы дисциплины и умение уверенно применять их на практике при решении конкретных задач, правильное обоснование принятых решений, с некоторыми недочётами.

Оценка "хорошо" (7 баллов) выставляется студенту, если он твёрдо знает материал, грамотно и по существу излагает его, умеет применять полученные знания на практике, но недостаточно грамотно обосновывает полученные результаты.

Оценка "хорошо" (6 баллов) выставляется студенту, если он твёрдо знает материал, грамотно и по существу излагает его, умеет применять полученные знания на практике, но допускает в ответе или в решении задач некоторые неточности.

Оценка "хорошо" (5 баллов) выставляется студенту, если он в основном знает материал, грамотно и по существу излагает его, умеет применять полученные знания на практике, но допускает в ответе или в решении задач достаточно большое количество неточностей.

Оценка "удовлетворительно" (4 балла) выставляется студенту, показавшему фрагментарный, разрозненный характер знаний, недостаточно правильные формулировки базовых понятий, нарушения логической последовательности в изложении программного материала, но при этом он освоил основные разделы учебной программы, необходимые для дальнейшего обучения, и может применять полученные знания по образцу в стандартной ситуации.

Оценка "удовлетворительно" (3 балла) выставляется студенту, показавшему фрагментарный, разрозненный характер знаний, допускающему ошибки в формулировках базовых понятий, нарушения логической последовательности в изложении программного материала, слабо владеет основными разделами учебной программы, необходимыми для дальнейшего обучения и с трудом применяет полученные знания даже в стандартной ситуации.

Оценка "неудовлетворительно" (2 балла) выставляется студенту, который не знает большей части основного содержания учебной программы дисциплины, допускает грубые ошибки в формулировках основных принципов и не умеет использовать полученные знания при решении типовых задач.

Оценка "неудовлетворительно" (1 балл) выставляется студенту, который не знает основного содержания учебной программы дисциплины, допускает грубейшие ошибки в формулировках базовых понятий дисциплины и вообще не имеет навыков решения типовых практических задач.

## **5. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности**

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