

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

**УТВЕРЖДЕНО**

**и.о. директора физтех-школы  
физики и исследований им.  
Ландау**

**А.А. Воронов**

	<b>Рабочая программа дисциплины (модуля)</b>
<b>по дисциплине:</b>	Нейтронные методы исследования конденсированных сред
<b>по направлению:</b>	Прикладные математика и физика
<b>профиль подготовки:</b>	Общая и прикладная физика Физтех-школа физики и исследований им. Ландау кафедра фундаментальных взаимодействий и космологии
<b>курс:</b>	1
<b>квалификация:</b>	магистр

Семестр, формы промежуточной аттестации: 2 (весенний) - Экзамен

Аудиторных часов: 30 всего, в том числе:

лекции: 30 час.

семинары: 0 час.

лабораторные занятия: 0 час.

Самостоятельная работа: 30 час.

Подготовка к экзамену: 30 час.

Всего часов: 90, всего зач. ед.: 2

Количество контрольных работ, заданий: 2

Программу составил: Е.С. Клементьев, канд. физ.-мат. наук

Программа обсуждена на заседании кафедры фундаментальных взаимодействий и космологии 04.06.2020

## Аннотация

Курс посвящен применению рассеяния нейтронов для исследований в области физики конденсированных сред, материаловедения, нанотехнологий, биомедицинских технологий, при исследовании объектов культурного наследия. Рассматриваются методы нейтронной дифракции, спектроскопии, малоуглового рассеяния, рефлектометрии, радиографии и томографии, а также преимущества и недостатки данных методов в сравнении с синхротронными, оптическими и другими методами. Также курс охватывает принципы построения нейтронографических установок, виды современных источников нейтронов и их особенности, детекторы нейтронов, нейтронную оптику и нейтроноводы.

## 1. Цели и задачи

### Цель дисциплины

освоение студентами фундаментальных знаний в области физики конденсированного состояния, взаимодействия излучения с веществом, формирования нейтронных пучков с заданными характеристиками, разработки и оптимизации установок, предназначенных для исследований материалов методом нейтронного рассеяния.

### Задачи дисциплины

формирование базовых знаний в области физики конденсированного состояния и физики взаимодействия излучения с веществом как дисциплин, интегрирующей общефизическую и общетеоретическую подготовку физиков и обеспечивающей технологические основы современных инновационных сфер деятельности в области материаловедения;

ознакомление студентов с ключевыми проблемами развития материаловедения, тенденциями развития мегаустановок, предназначенных для использования частиц и излучений для структурной диагностики материалов, новыми типами экспериментальных установок на базе импульсных источников нейтронов;

формирование подходов к оценке возможностей нейтронных пучков для исследования структурных и динамических свойств материалов, диагностики материалов, разработка новых и оптимизация существующих установок в рамках выпускных работ на степень магистра.

## 2. Перечень формируемых компетенций

Освоение дисциплины направлено на формирование следующих компетенций:

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции
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-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

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-1.2 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
ПК-3 Способен профессионально работать с исследовательским и испытательным оборудованием (приборами и установками, специализированными пакетами прикладных программ) в избранной предметной области	ПК-3.1 Понимает принципы работы используемого оборудования (специализированных пакетов прикладных программ)
	ПК-3.2 Способен проводить эксперимент (моделирование) с использованием исследовательского оборудования (пакетов прикладных программ)
	ПК-3.3 Способен оценивать точность полученных экспериментальных (численных) результатов

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

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны знать:

- место и роль общих вопросов науки в научных исследованиях;
- современные проблемы физики, химии, математики;
- теоретические модели фундаментальных процессов и явлений в физике и ее приложениях;
- принципы симметрии и законы сохранения;
- новейшие открытия естествознания;
- постановку проблем физического (математического) моделирования кинетических и динамических процессов;
- о взаимосвязях и фундаментальном единстве естественных наук.

уметь:

- эффективно использовать на практике теоретические компоненты науки: понятия, суждения, умозаключения, законы;
- представить панораму универсальных методов и законов современного естествознания;
- работать на современном экспериментальном оборудовании;
- абстрагироваться от несущественных влияний при моделировании реальных физических ситуаций;
- планировать оптимальное проведение эксперимента.

владеть:

- планированием, постановкой и обработкой результатов физического эксперимента;
- научной картиной мира;
- навыками самостоятельной работы в лаборатории на современном экспериментальном оборудовании;
- математическим моделированием физических задач.

### 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	Основные свойства нейтрона.	1			4
2	Механизмы рассеяния нейтронов.	6			4

3	Экспериментальное оборудование для нейтронного рассеяния.	6			4
4	Структурные исследования.	3			4
5	Динамика решётки.	5			4
6	Поляризованные нейтроны.	3			4
7	Динамика магнитных возбуждений.	2			4
8	Развитие нейтронного рассеяния.	4			2
Итого часов		30			30
Подготовка к экзамену		30 час.			
Общая трудоёмкость		90 час., 2 зач.ед.			

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

##### Семестр: 2 (Весенний)

##### 1. Основные свойства нейтрона.

История открытия нейтрона и исследований его свойств. Физические предпосылки использования нейтронов в физике конденсированного состояния. Особенности взаимодействия нейтронов с веществом. История развития нейтронного рассеяния, основные исторические вехи, нейтронное рассеяние и Нобелевские премии за его развитие.

##### 2. Механизмы рассеяния нейтронов.

Ядерное и магнитное рассеяние нейтронов. Дважды дифференциальное сечение рассеяния нейтронов. Когерентное и некогерентное рассеяние нейтронов.

Преимущества и недостатки рассеяния нейтронов по сравнению с другими видами излучений и частиц (электроны, фотоны, мюоны). Связь энергии с длиной волны для разных типов частиц.

Связь энергии с длиной волны для разных типов частиц и квазичастиц.

Кристаллические структуры. Понятие прямой и обратной решеток. Сфера Эвальда.

Методы исследования квазичастиц при помощи нейтронов.

Роль термодинамических параметров в физике конденсированного состояния. Методика получения высоких давлений, низких и высоких температур, высоких магнитных полей.

##### 3. Экспериментальное оборудование для нейтронного рассеяния.

Стационарные и импульсные нейтронные источники. Источники на основе испарительно-скалывающей реакции. Обзор основных источников нейтронов в мире.

Нейтронная оптика. Нейтроноводы на основе никеля. Суперзеркальные нейтроноводы. Нейтронные концентраторы и линзы.

Конструктивные схемы дифрактометров с монохроматорами. Разрешение нейтронных дифрактометров по межплоскостному расстоянию.

Конструктивные схемы дифрактометров с прерывателями пучка. Разрешение нейтронных дифрактометров по межплоскостному расстоянию.

Принцип работы трехосного спектрометра. Импульсное и энергетическое разрешение.

Принцип работы времяпролетного спектрометра. Импульсное и энергетическое разрешение. Спектрометры обратного рассеяния.

Принцип спинового эха и его реализация в современных установках. Энергетическое и угловое разрешение, доступное при помощи спин-эхо метода.

##### 4. Структурные исследования.

Эксперименты по исследованию кристаллических структур. Структурные фазовые переходы.

Эксперименты по исследованию магнитных структур. Магнитные фазовые переходы.

#### 5. Динамика решётки.

Модели для описания динамики решетки. Понятие о нормальных модах колебаний. Локализованные моды.

Измерение плотности фононных состояний в некогерентном приближении.

Измерений законов дисперсии на трехосных и времяпролетных спектрометрах.

#### 6. Поляризованные нейтроны.

Методика разделения ядерной и магнитной составляющей в экспериментальных нейтронных спектрах.

Спиновые фильтры, отражение от магнитных кристаллов.

Поляризационный анализ в нейтронной дифракции и нейтронной спектроскопии.

#### 7. Динамика магнитных возбуждений.

Магнитный формфактор. Сечение магнитного рассеяния.

Магнитные экситоны кристаллического электрического поля. Магноны и парамагноны. Спиноны.

#### 8. Развитие нейтронного рассеяния.

Развитие стационарных источников нейтронов и их ожидаемые параметры. Формирование нейтронных пучков. Нейтронно-оптические системы будущего, эллиптические и баллистические нейтроноводы.

Развитие импульсных источников нейтронов и их ожидаемые параметры. Использование нового принципа - мультиплицирования нейтронных импульсов.

### **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. Квазичастицы в физике конденсированного состояния [Текст]/Н. Б. Брандт, В. А. Кульбачинский, -М., Физматлит, 2007
2. F. Hippert, E. Geissler, J.-L. Hodeau, E. Lelievre-Berna, J.-R. Regnard, Neutron and X-ray spectroscopy, Springer Publ. The Netherlands, 2006, 566 с.
3. H. Schober, Neutron scattering instrumentation, in Neutron Scattering Applications and Techniques, editors I. Anderson, A. Hurd, R. McGreevy, Springer, 2009, 220 стр.

#### Дополнительная литература

1. Ю.А. Изюмов, Н.А. Черноплеков, Нейтронная спектроскопия, М. Энергоатомиздат, 1983, 208 стр.
2. W. Marshall, S.W. Lovesey, Theory of thermal neutron scattering. Clarendon Press, Oxford, 1971, 212 стр.
3. Stephen W. Lovesey, Theory of neutron scattering from condensed matter, Vol. 2, Oxford science publication, 1982, 113 стр.
4. G.L. Squires, Introduction to the theory of thermal neutron scattering, Cambridge university press, 1978, 202 стр.

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

<http://scitation.aip.org/>

<http://www.iop.org/>

<http://springerlink.com/>

<http://www.edu.ru> – федеральный портал «Российское образование».

<http://benran.ru> –библиотека по естественным наукам Российской академии наук.

## **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. В процессе самостоятельной работы обучающихся возможно использование таких программных средств, как Mathcad, Scilab и др.

## **9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)**

Студент, изучающий курс «Нейтронные методы исследования конденсированных сред», 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 постановку проблем физического (математического) моделирования кинетических и динамических процессов, принципы симметрии и законы сохранения, теоретические модели фундаментальных процессов и явлений в физике и ее приложениях и иметь хорошее представление о современных проблемах физики, химии, математики, а также о фундаментальном единстве естественных наук. Является необходимым эффективное использование студентом на практике таких компонентов науки, как понятия, суждения, умозаключения, законы; студент должен уметь абстрагироваться от несущественных влияний при моделировании реальных физических ситуаций и планировать оптимальное проведение эксперимента, владеть навыками самостоятельной работы в лаборатории на современном экспериментальном оборудовании и математическим моделированием физических задач.

Успешное освоение курса требует напряжённой самостоятельной работы студента. В программе курса приведено минимально необходимое время для работы студента над темой. Самостоятельная работа включает в себя:

- чтение и конспектирование рекомендованной литературы;
- проработку учебного материала (по конспектам лекций, учебной и научной литературе), подготовку ответов на (контрольные) вопросы, предназначенных для самостоятельного изучения;
- решение задач, предлагаемых студентам на лекциях;
- подготовку курсовых работ, подготовку к лекциям и к экзамену.

Руководство и контроль за самостоятельной работой студента осуществляется в форме индивидуальных консультаций.

Показателем владения материалом служит умение решать задачи. Для формирования умения применять теоретические знания на практике студенту необходимо решать как можно больше задач. При решении задач каждое действие необходимо аргументировать, ссылаясь на известные теоретические сведения. При подготовке к занятиям необходимо повторять ранее изученные основные определения и формулировки. В начале занятия, как правило, проводится короткий (10-15 минут) опрос по материалу прошедших занятий в устной или письменной форме. Обычно придерживаются следующей схемы: изучение материала лекции по конспекту в тот же день, когда была прослушана лекция (10-15 минут); повторение материала накануне следующей лекции (10-15 минут), проработка учебного материала по конспектам лекций, учебной и научной литературе, подготовка ответов на контрольные вопросы, предназначенных для самостоятельного изучения (1 час неделю), решение задач (1 час). Важно добиться понимания изучаемого материала, а не механического его запоминания. При затруднении изучения отдельных тем, вопросов, следует обращаться за консультациями к преподавателю, ведущему занятия.

**ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)**

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

Семестр, формы промежуточной аттестации: 2 (весенний) - Экзамен

**Разработчик:** Е.С. Клементьев, канд. физ.-мат. наук

## 1. Компетенции, формируемые в процессе изучения дисциплины

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции
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-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
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-1.2 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
ПК-3 Способен профессионально работать с исследовательским и испытательным оборудованием (приборами и установками, специализированными пакетами прикладных программ) в избранной предметной области	ПК-3.1 Понимает принципы работы используемого оборудования (специализированных пакетов прикладных программ)
	ПК-3.2 Способен проводить эксперимент (моделирование) с использованием исследовательского оборудования (пакетов прикладных программ)
	ПК-3.3 Способен оценивать точность полученных экспериментальных (численных) результатов

## 2. Показатели оценивания компетенций

В результате изучения дисциплины «Нейтронные методы исследования конденсированных сред» обучающийся должен:

### знать:

- место и роль общих вопросов науки в научных исследованиях;
- современные проблемы физики, химии, математики;
- теоретические модели фундаментальных процессов и явлений в физике и ее приложениях;
- принципы симметрии и законы сохранения;
- новейшие открытия естествознания;
- постановку проблем физического (математического) моделирования кинетических и динамических процессов;
- о взаимосвязях и фундаментальном единстве естественных наук.

### уметь:



эффективно использовать на практике теоретические компоненты науки: понятия, суждения, умозаключения, законы;  
представить панораму универсальных методов и законов современного естествознания;  
работать на современном экспериментальном оборудовании;  
абстрагироваться от несущественных влияний при моделировании реальных физических ситуаций;  
планировать оптимальное проведение эксперимента.

**владеть:**

планированием, постановкой и обработкой результатов физического эксперимента;  
научной картиной мира;  
навыками самостоятельной работы в лаборатории на современном экспериментальном оборудовании;  
математическим моделированием физических задач.

**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.

Обязательным требованием является выполнение домашних работ, которые оформляются в специально отведённой для этого тетради и систематически сдаются на проверку.

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

Промежуточная аттестация по дисциплине «Нейтронные методы исследования конденсированных сред» осуществляется в форме экзамена. Экзамен проводится в устной форме.

Промежуточный контроль знаний проводится в виде экзамена, на котором студенту предлагается ответить на вопросы:

1. Основные понятия о волновых и корпускулярных свойствах нейтрона, важных для рассеяния в конденсированных средах.
2. Магнитное и ядерное рассеяние нейтрона, основные механизмы.
3. Дважды дифференциальное сечение нейтронного рассеяния.
4. Прямая и обратная кристаллические решетки. Квазичастицы в твердых телах и их классификация.
5. Способы формирования нейтронных пучков. Особенности стационарных и импульсных источников нейтронов.
6. Особенности стационарных и импульсных источников нейтронов.
7. Нейтронная дифракция.
8. Нейтронная спектроскопия.
9. Спин-эхо спектроскопия.
10. Поляризованные нейтроны и их рассеяние.

Контрольные вопросы и задания по дисциплине (курсовые работы) для промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины (темы курсовых работ определяются с учётом пожеланий научного руководителя студента):

1. Вклады в дважды дифференциальное сечение рассеяния нейтронов.
2. Способы измерения структурного фактора кристаллов при помощи нейтронов.
3. Нейтронно-оптические эффекты.
4. Способы измерения плотностей состояния квазичастиц.
5. Способы измерения законов дисперсии квазичастиц.
6. Способы разделения ядерной и магнитной компонент в нейтронных спектрах.
7. Оценка разрешения нейтронного дифрактометра с постоянной длиной волны.
8. Оценка разрешения времяпролетного дифрактометра.

9. Оценка энергетического разрешения спектроскопического эксперимента на трехосном спектрометре.

10. Оценка энергетического разрешения спектроскопического эксперимента на времяпролетном спектрометре.

Примеры экзаменационных билетов (заданий, тестов и др. материалов, используемых для проведения экзамена):

#### Билет №1

1. Связь энергии с длиной волны для разных типов частиц и квазичастиц.
2. Спиновые фильтры, отражение от магнитных кристаллов.
3. Способы измерения плотностей состояния квазичастиц.

#### Билет №2

1. Конструктивные схемы дифрактометров с монохроматорами. Разрешение нейтронных дифрактометров по межплоскостному расстоянию.
2. Развитие стационарных источников нейтронов и их ожидаемые параметры.
3. Нейтронная дифракция.

#### Критерии оценивания

Оценку «отлично (10)» заслуживает студент, обнаруживший всестороннее, систематическое и глубокое знание учебного программного материала, самостоятельно выполнивший все предусмотренные программой задания, глубоко усвоивший основную и дополнительную литературу, рекомендованную программой, активно работавший на занятиях, разбирающийся в основных научных концепциях по изучаемой дисциплине, проявивший творческие способности и научный подход в понимании и изложении учебного программного материала, ответ отличается богатством и точностью использованных терминов, материал излагается последовательно и логично.

Оценка «отлично (9)» заслуживает студент, обнаруживший всестороннее, систематическое знание учебного программного материала, самостоятельно выполнивший все предусмотренные программой задания, глубоко усвоивший основную литературу и знаком с дополнительной литературой, рекомендованной программой, активно работавший на занятиях, показавший систематический характер знаний по дисциплине, достаточный для дальнейшей учебы, а также способность к их самостоятельному пополнению, ответ отличается точностью использованных терминов, материал излагается последовательно и логично.

Оценку «отлично (8)» заслуживает студент, обнаруживший полное знание учебно-программного материала, не допускающий в ответе существенных неточностей, самостоятельно выполнивший все предусмотренные программой задания, усвоивший основную литературу, рекомендованную программой, активно работавший на занятиях, показавший систематический характер знаний по дисциплине, достаточный для дальнейшей учебы, а также способность к их самостоятельному пополнению.

Оценку «хорошо (7)» заслуживает студент, обнаруживший достаточно полное знание учебно-программного материала, не допускающий в ответе существенных неточностей, самостоятельно выполнивший все предусмотренные программой задания, усвоивший основную литературу, рекомендованную программой, активно работавший на занятиях, показавший систематический характер знаний по дисциплине, достаточный для дальнейшей учебы, а также способность к их самостоятельному пополнению.

Оценку «хорошо (6)» заслуживает студент, обнаруживший достаточно полное знание учебно-программного материала, не допускающий в ответе существенных неточностей, самостоятельно выполнивший основные предусмотренные программой задания, усвоивший основную литературу, рекомендованную программой, отличавшийся достаточной активностью на занятиях, показавший систематический характер знаний по дисциплине, достаточный для дальнейшей учебы.

Оценку «хорошо (5)» заслуживает студент, обнаруживший знание основного учебно-программного материала в объёме, необходимом для дальнейшей учебы и предстоящей работы по профессии, не отличавшийся активностью на занятиях, самостоятельно выполнивший основные предусмотренные программой задания, усвоивший основную литературу, рекомендованную программой, однако допустивший некоторые погрешности при их выполнении и в ответе на экзамене, но обладающий необходимыми знаниями для их самостоятельного устранения.

Оценку «удовлетворительно (4)» заслуживает студент, обнаруживший знание основного учебно-программного материала в объёме, необходимом для дальнейшей учебы и предстоящей работы по профессии, не отличавшийся активностью на занятиях, самостоятельно выполнивший основные предусмотренные программой задания, усвоивший основную литературу, рекомендованную программой, однако допустивший некоторые погрешности при их выполнении и в ответе на экзамене, но обладающий необходимыми знаниями для устранения под руководством преподавателя допущенных погрешностей.

Оценку «удовлетворительно (3)» заслуживает студент, обнаруживший знание основного учебно-программного материала в объёме, необходимом для дальнейшей учебы и предстоящей работы по профессии, не отличавшийся активностью на занятиях, самостоятельно выполнивший основные предусмотренные программой задания, однако допустивший погрешности при их выполнении и в ответе на экзамене, но обладающий необходимыми знаниями для устранения под руководством преподавателя наиболее существенных погрешностей.

Оценка «неудовлетворительно (2)» выставляется студенту, обнаружившему пробелы в знаниях или отсутствие знаний по значительной части основного учебно-программного материала, не выполнившему самостоятельно предусмотренные программой основные задания, допустившему принципиальные ошибки в выполнении предусмотренных программой заданий, допускающему существенные ошибки при ответе, и который не может продолжить обучение или приступить к профессиональной деятельности без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине.

Оценка «неудовлетворительно (1)» выставляется студенту, не ответившему на заданные вопросы (отказ от ответа, представленный ответ полностью не по существу содержащихся в экзаменационном задании вопросов).

Оценка «зачтено» выставляется студенту, если по десятибалльной шкале его знания оцениваются не ниже «удовлетворительно»; оценка «не зачтено» выставляется обучающемуся в противном случае.

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

При проведении устного экзамена обучающемуся предоставляется не менее 45 минут на подготовку. Опрос обучающегося по билету на устном экзамене не должен превышать двух астрономических часов.

Во время проведения экзамена обучающиеся могут пользоваться программой дисциплины, а также всей необходимой литературой для решения задачи; при ответах на устные вопросы пользоваться литературой запрещено.