

**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>	Электрофизические и физико-химические свойства наноконпозиционных материалов
<b>по направлению:</b>	Прикладные математика и физика
<b>профиль подготовки:</b>	Физика перспективных технологий: альтернативная энергетика, научное программирование и функциональные материалы Физтех-школа Электроники, Фотоники и Молекулярной Физики кафедра химической физики
<b>курс:</b>	4
<b>квалификация:</b>	бакалавр

Семестр, формы промежуточной аттестации: 7 (осенний) - 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

Программу составил: Л.И. Трахтенберг, д-р физ.-мат. наук, профессор

Программа обсуждена на заседании кафедры химической физики 29.05.2020

## Аннотация

Курс "Электрофизические и физико-химические свойства нанокomпозиционных материалов" имеет целью с одной стороны продемонстрировать, как знания, полученные при изучении курсов теоретической физики можно использовать при решении конкретных «нанотехнологических» задач, а с другой – помочь студентам достаточно свободно ориентироваться в электрофизических и физико-химических свойствах нанокomпозиционных материалов.

Задачами курса является:

- освоение студентами базовых знаний в области физического материаловедения;
- приобретение теоретических знаний в области изучения свойств наноструктур и квантово-механических аспектов измерения на атомных масштабах;

Основное содержание курса изложено в следующих разделах:

1. Взаимодействие наночастиц с электромагнитным излучением.
2. Влияние магнитного поля на перенос заряда в композитах.
3. Диэлектрические свойства нанокomпозитов.
4. Модельные, точно решаемые задачи квантовой механики. Моделирование поведения электрона в наночастице.
5. Перенос энергии и заряда в твердом теле и наносистемах.
6. Сведения из теории переходов и статистической физики, необходимые для описания процессов протекающих в наносистемах.
7. Сенсорные свойства нанокomпозитов.
8. Химические процессы катализируемые наночастицами.
9. Электроны и фононы в твердом теле и наносистемах.

## 1. Цели и задачи

### Цель дисциплины

- с одной стороны продемонстрировать, как знания, полученные при изучении курсов теоретической физики можно использовать при решении конкретных «нанотехнологических» задач, а с другой – помочь студентам достаточно свободно ориентироваться в электрофизических и физико-химических свойствах нанокomпозиционных материалов.

### Задачи дисциплины

- освоение студентами базовых знаний в области физического материаловедения;
- приобретение теоретических знаний в области изучения свойств наноструктур и квантово-механических аспектов измерения на атомных масштабах;
- оказание консультаций и помощи студентам в проведении собственных теоретических и экспериментальных исследований в области нанокomпозиционных материалов;
- приобретение знаний необходимых для изучения электрофизических и физико-химических свойств нанокomпозиционных материалов.

## 2. Перечень формируемых компетенций

Освоение дисциплины направлено на формирование следующих компетенций:

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции
УК-1 Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач	УК-1.1 Анализирует задачу, выделяя этапы ее решения, действия по решению задачи
	УК-1.3 Рассматривает различные варианты решения задачи, оценивает их преимущества и недостатки
ПК-1 Способен планировать и проводить научные эксперименты (в избранной предметной области) и (или) теоретические (аналитические и имитационные) исследования	ПК-1.1 Владеет фундаментальными понятиями, законами и теориями современной физики
	ПК-1.4 Умеет строить математические модели для описания и исследования процессов и явлений в соответствующих научных областях

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

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны знать:

фундаментальные понятия, законы, теории классической и современной физики;  
порядки численных величин, характерные для различных разделов физики;  
современные проблемы физики, химии, математики;  
квантовые явления, наблюдаемые при изучении электрофизических и физико-химических свойств наноконпозиционных материалов;  
теоретические и экспериментальные основы электрофизических и физико-химических свойств наноконпозиционных материалов.

уметь:

абстрагироваться от несущественного при моделировании реальных физических ситуаций;  
пользоваться своими знаниями для решения фундаментальных и прикладных задач и технологических задач;  
делать правильные выводы из сопоставления результатов теории и эксперимента;  
производить численные оценки по порядку величины;  
делать качественные выводы при переходе к предельным условиям в изучаемых проблемах;  
видеть в технических задачах физическое содержание;  
осваивать новые предметные области, теоретические подходы и экспериментальные методики;  
получать наилучшие значения измеряемых величин и правильно оценить степень их достоверности;  
работать на современном, в том числе и уникальном экспериментальном оборудовании;  
эффективно использовать информационные технологии и компьютерную технику для достижения необходимых теоретических и прикладных результатов.

владеть:

навыками освоения большого объема информации;  
навыками самостоятельной работы в лаборатории и Интернете;  
культурой постановки и моделирования физических задач;  
навыками грамотной обработки результатов опыта и сопоставления с теоретическими данными;  
практикой исследования и решения теоретических и прикладных задач;  
навыками теоретического анализа реальных задач, связанных со свойствами микроскопических и наносистем, обладающих как дискретным, так и непрерывным спектрами.

### 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	Взаимодействие наночастиц с электромагнитным излучением.	4			2
2	Влияние магнитного поля на перенос заряда в композитах.	4			2
3	Диэлектрические свойства наноконпозитов.	4			2
4	Модельные, точно решаемые задачи квантовой механики. Моделирование поведения электрона в наночастице.	3			5
5	Перенос энергии и заряда в твердом теле и наносистемах.	4			5

6	Сведения из теории переходов и статистической физики, необходимые для описания процессов протекающих в наносистемах.	2			5
7	Сенсорные свойства нанокompозитов.	2			4
8	Химические процессы катализируемые наночастицами.	3			3
9	Электроны и фононы в твердом теле и наносистемах.	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: 7 (Осенний)

##### 1. Взаимодействие наночастиц с электромагнитным излучением.

Вероятность поглощения фотонов, двухуровневая система – точное решение, матрица плотности, релаксация; поглощение света в прямоугольной яме.

##### 2. Влияние магнитного поля на перенос заряда в композитах.

Общие положения и намагниченность при низких температурах, намагниченность при высоких температурах, намагниченность гранулярных ферромагнитных металлов с несферическими гранулами, релаксация намагниченности, нанокompозит как спиновое стекло, зависимость проводимости от концентрации металлических гранул, порог перколяции, температурная зависимость проводимости в присутствии магнитного поля, магнитосопротивление. магнитолевая зависимость проводимости.

##### 3. Диэлектрические свойства нанокompозитов.

Диэлектрические свойства веществ, полярные и неполярные диэлектрики, диэлектрическая спектроскопия, поляризация, теория Дебая комплексной диэлектрической проницаемости, феноменологические выражения, описывающие диэлектрическую проницаемость, нефеноменологическая модель комплексной диэлектрической проницаемости.

##### 4. Модельные, точно решаемые задачи квантовой механики. Моделирование поведения электрона в наночастице.

Уравнение Шредингера, атом водорода, частица в прямоугольной потенциальной яме, центрально-симметричная потенциальная яма.

##### 5. Перенос энергии и заряда в твердом теле и наносистемах.

Константа скорости переноса энергии, перестройка молекул и среды, зонная структура, экситоны, электроны проводимости, туннельный перенос заряда из ямы в яму, перестройка молекул при возбуждении светом.

##### 6. Сведения из теории переходов и статистической физики, необходимые для описания процессов протекающих в наносистемах.

Теория возмущений, возмущения не зависящие и зависящие от времени, вероятность перехода в единицу времени, константа скорости (Золотое правило Ферми), статистика Бозе-Эйнштейна и Ферми-Дирака, ширина линии, матрица плотности, времена релаксации.

#### 7. Сенсорные свойства нанокompозитов.

Принципы работы сенсоров, основные характеристики сенсорного устройства, чувствительность, эффективность, время отклика, время релаксации, экранирующий слой на поверхности наночастиц, зависимость сенсорного эффекта от температуры, давления водорода и среднего размера наночастиц оксида.

#### 8. Химические процессы катализируемые наночастицами.

Методы создания каталитически активного слоя: термическое испарение и конденсация, восстановление из растворов, восстановление в микроэмульсиях, криохимический синтез термическое испарение перегретого металла, лазерное электродиспергирование металлов, зарядовое состояние металлических наноструктур, влияние зарядового состояния наноструктур на их каталитические свойства, экспериментальные исследования каталитической активности наноструктур.

#### 9. Электроны и фононы в твердом теле и наносистемах.

Кристалл, зонная структура идеального твердого тела, колебания решетки. Аморфные твердые тела. Теплоемкость и теплопроводность. Роль ограниченности размера.

Квантовые точки и проводя. Методы создания, исследования и перспективы применения.

### 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. В.Л. Миронов, “Основы сканирующей зондовой микроскопии”. Техносфера (2005).
2. Л. Д. Ландау, Е.М. Лифшиц ; под ред. Л. П.Питаевского.-6-е из-д., испр.-М.:Физматлит.Теоретическая физика. Т. 3:Квантовая механика. Нерелятивистская теория.-2008.-800 с.-
3. Л. Д. Ландау, Е. М. Лифшиц ; под ред. Л.П. Питаевского.-5-е изд., стереотип.-М.:Физматлит.Теоретическая физика. Т. 1:Механика.- 2007.-224 с.
4. Л. Д. Ландау, Е.М. Лифшиц ; под ред. Л. П. Питаевского.-5-е изд., стереотип.-М.:Физматлит.Теоретическая физика. Т.5:Статистическая физика. Ч. 1.- 2010.-616 с.

#### Дополнительная литература

1. Блохинцев Д. И. Основы квантовой механики. М. : Наука, 1976, 664 с. Гл. XIV, XV.
2. Мессиа А. Квантовая механика т. 2. М. : Наука, 1979, 583 с.

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

- 1 <http://scitation.aip.org/> American Institute of Physics Частично доступны полнотекстовые статьи со всех компьютеров, подключенных к сети института
- 2 <http://elibrary.ru/> Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU Доступ к полнотекстовым статьям со всех компьютеров, подключенных к сети института

Обеспечение самостоятельной работы Электронные ресурсы, включая доступ к базам данных

<http://www.nanoscopy.net>  
<http://www.nanorf.ru>  
<http://www.nanonewsnet.ru>  
<http://www.nanotechnology.net>

**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 Электроники, Фотоники и Молекулярной Физики кафедра химической физики
<b>курс:</b>	<u>4</u>
<b>квалификация:</b>	бакалавр
Семестр, формы промежуточной аттестации: 7 (осенний) - Экзамен	
<b>Разработчик:</b>	Л.И. Трахтенберг, д-р физ.-мат. наук, профессор

## 1. Компетенции, формируемые в процессе изучения дисциплины

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции
УК-1 Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач	УК-1.1 Анализирует задачу, выделяя этапы ее решения, действия по решению задачи
	УК-1.3 Рассматривает различные варианты решения задачи, оценивает их преимущества и недостатки
ПК-1 Способен планировать и проводить научные эксперименты (в избранной предметной области) и (или) теоретические (аналитические и имитационные) исследования	ПК-1.1 Владеет фундаментальными понятиями, законами и теориями современной физики
	ПК-1.4 Умеет строить математические модели для описания и исследования процессов и явлений в соответствующих научных областях

## 2. Показатели оценивания компетенций

В результате изучения дисциплины «Электрофизические и физико-химические свойства нанокompозиционных материалов» обучающийся должен:

### знать:

фундаментальные понятия, законы, теории классической и современной физики;  
порядки численных величин, характерные для различных разделов физики;  
современные проблемы физики, химии, математики;  
квантовые явления, наблюдаемые при изучении электрофизических и физико-химических свойств нанокompозиционных материалов;  
теоретические и экспериментальные основы электрофизических и физико-химических свойств нанокompозиционных материалов.

### уметь:

абстрагироваться от несущественного при моделировании реальных физических ситуаций;  
пользоваться своими знаниями для решения фундаментальных и прикладных задач и технологических задач;  
делать правильные выводы из сопоставления результатов теории и эксперимента;  
производить численные оценки по порядку величины;  
делать качественные выводы при переходе к предельным условиям в изучаемых проблемах;  
видеть в технических задачах физическое содержание;  
осваивать новые предметные области, теоретические подходы и экспериментальные методики;  
получать наилучшие значения измеряемых величин и правильно оценить степень их достоверности;  
работать на современном, в том числе и уникальном экспериментальном оборудовании;  
эффективно использовать информационные технологии и компьютерную технику для достижения необходимых теоретических и прикладных результатов.

### владеть:

навыками освоения большого объема информации;  
навыками самостоятельной работы в лаборатории и Интернете;  
культурой постановки и моделирования физических задач;  
навыками грамотной обработки результатов опыта и сопоставления с теоретическими данными;  
практикой исследования и решения теоретических и прикладных задач;  
навыками теоретического анализа реальных задач, связанных со свойствами микроскопических и наносистем, обладающих как дискретным, так и непрерывным спектрами.

## 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 для подготовки к экзамену:

1. Этапы становления: от просто электроники к микро- и нанoeлектронике. Классическое и квантовое поведение рабочих элементов.
2. Вольтамперная характеристика диода, коллекторная биполярного и стоковая полевого транзистора. Эффект кулоновская блокада при протекании тока через квантовую точку расположенную между двумя проводниками.
3. Основные типы современных полупроводниковых элементов. Планарная технология и трехмерные микросхемы.
4. Аналоговая и цифровая техника. Фотолитография, травление, напыление, диффузия, эпитаксия, окисление.
5. Принцип работы полевого транзистора и предельные возможности в плане уменьшения размеров и повышения быстродействия современных логических элементов.
6. Оценит подзатворную емкость и сопротивление канала и определить постоянную времени переключения одним транзистором другого. Оценить токи, текущие в одном из 47 миллионов транзисторов процессора АТОМ.
7. Производить можно только то, что умеешь измерять. Основные методы контроля полупроводниковых структур. Электрические измерения. Оптические методы контроля. Электронная микроскопия. Рентгеновские методы исследования.
8. Что измеряет каждый из перечисленных методов.
9. Сканирующие зондовые микроскопы (СЗМ): метрологические ограничения и технологические возможности. Зонд, как средство измерения. Поиски эффектов чувствительных к изменению расстояния.
10. Что такое пьезосканер, кантилевер и какие бывают иглы у СЗМ. Почему СТМ плохо работает на воздухе. Возможно ли атомарное разрешение в АСМ. Почему СЗМ помещают в вакуум.
11. Основные принципы и потенциальные возможности сканирующей зондовой микроскопии. За что Герд Бинниг и Генрих Рорер получили Нобелевскую премию и как СЗМ помогают развивать нанoeлектронику.
12. Туннельный эффект и возможности Сканирующего Туннельного Микроскопа. Силы взаимодействия между твердыми телами и Атомно Силовой Микроскоп.
13. Оцените радиус кривизны швейной иглы и сравните его с типичным размером кантилевера и зондового острия. Во сколько раз отличаются силы притяжения между атомами в алмазе и литии или калии, свинце, железе, золоте, любом мягком материале и пластике....
14. Достижения и ограничения классической оптической микроскопии. Ближнепольный оптический сканирующий микроскоп.
15. Как в оптике получают разрешение по глубине порядка нескольких десятком нм. Можно ли получить тем же методом горизонтальное разрешение лучше 100 нм.
16. Кремневый кантилевер и лазерный дефлектор, как основа целого класса СЗМ. Использование пьезорезонансных датчиков в СЗМ.
17. Оценить скорость перемещения солнечного зайчика по поверхности Луны, если на Земле зеркало двигает человек своей собственной силой. Оценить минимально регистрируемое звуковое давление, если микрофон ловит зайчик, отраженный от оконного стекла с расстояния 1 км.
18. Пьезокерамические сканеры и манипуляторы, используемые в СЗМ. Специфика конструктивных решений, используемых в СЗМ NanoScan.
19. Что такое пьезорезонансный датчик и почему частоту мерить легче, чем амплитуду. Зачем в пьезосканеры встраивают емкостные датчики перемещения.
20. Изучение типичных конструктивных решений, используемых в СЗМ. Особенности систем управления сканирующими зондовыми микроскопами.
21. Что такое обратная связь по перемещению и почему быстродействие всех узлов СЗМ пытаются сделать как можно выше.
22. Многофункциональные СЗМ, технологического назначения. Знакомство с семейством микроскопов NTEGRA российской фирмы НТ-МДТ. Обзор основных зарубежных производителей СЗМ и их специализации.

23. Исследование атомарной структуры поверхности и манипулирование отдельными атомами и молекулами с помощью СТМ. Специфика работы с непроводящими поверхностями и различные режимы работы классических АСМ. Измерение локальной емкости, сил электростатического и магнитного взаимодействия. Исследования элементов микроэлектронных схем. Определение таких механических свойств материалов, как модуль Юнга и твердость с помощью АСМ. Различные способы реализации режимов наноиндентирования и склерометрии на манометровых масштабах.
24. Оцените электростатическое притяжение /отталкивание кантилевера от поверхности и сравните с Ван-дер-Вальсом, для некоторой конфигурации и уровня напряжений и дистанций. Что такое твердость и почему ее величина зависит от способа измерения. Сравнить величину локальной емкости непосредственно под острием токопроводящей иглы с паразитными конструктивными емкостями.
25. Исследования тонких пленок и покрытий с помощью СЗМ. Исследование доменной структуры сегнетоэлектриков и ферромагнетиков, изучение полупроводников и гетероструктур. Спектрометрические измерения с помощью СЗМ, включая использование эффекта гигантского комбинационного рассеяния, называемого также зондово-усиленной Рамановской спектроскопией. Томографические трехмерные исследования образцов с помощью СЗМ и ПЭМ. Особенности использования СЗМ в биологии. Мягкость и липкость биосистем, как факторы, ограничивающие достижимое разрешение.
26. Сравните магнитные/электрические и механические силы для типичного кантилевера и ферромагнетика/сегнетоэлектрика. Силовая спектрометрия и кривые подвода/отвода – связанные с процессом физические явления и извлекаемая информация.
27. Методы визуализации и обработки изображений получаемых на СЗМ. Способы представления исследуемых объектов, работа с двумерными картинками и измерения на них. 3D-изображения и влияние характера освещения на заметность, исследуемых структур. Методы фильтрации, повышения контраста и решения задачи деконволюции формы иглы. Особенности создания образцовых мер длины, высоты, упругости, твердости, электропроводности и других для калибровки СЗМ.
28. Как в Фотошопе получить из фотографии трехмерное изображение и почему это порой бессмысленно в жизни и широко применяется в микроскопии. Основные методы пространственной фильтрации и повышения контраста АСМ изображений.
29. Актуальные задачи современного микроскопостроения и способы соединения в рамках одного технологического цикла различных технологических процедур. Современные нанотехнологические комплексы на базе нанофабрик и центров синхротронного излучения.
30. От исследования отдельных нанoeлектронных элементов к интегральным схемам нового поколения. Физические эффекты и технологические прорывы на пути к новой электронике.
31. Обзор основных эффектов и разработанных устройств для нанoeлектроники. От одноэлектронных транзисторов до проволоочных лазеров.
32. Какие физические эффекты используются в классической микроэлектронике? Что и почему из «классики» перестает работать на наноуровне, какие новые возможности открываются?
33. Специфика трехмерных, двумерных, одномерных и нульмерных квантовых объектов. Возможно ли создание квантовых объектов большей «размерности»? Типы интерфейсов между квантовыми и макроскопическими структурами и величинами. Проблема измерений в квантовом мире и понятие реальности применительно к квантовым объектам.
34. Новая форма кристаллического углерода графен и перспективы его использования в нанoeлектронике.
35. Свойства графитовых нанотрубок и их реальные применения.

Примеры экзаменационных билетов.

Пример 1.

1. Что такое пьезосканер, кантилевер и какие бывают иглы у СЗМ. Почему СТМ плохо работает на воздухе. Возможно ли атомарное разрешение в АСМ. Почему СЗМ помещают в вакуум.
2. Основные принципы и потенциальные возможности сканирующей зондовой микроскопии. За что Герд Бинниг и Генрих Рорер получили Нобелевскую премию и как СЗМ помогают развивать нанoeлектронику.

Пример 2.

1. Актуальные задачи современного микроскопостроения и способы соединения в рамках одного технологического цикла различных технологических процедур. Современные нанотехнологические комплексы на базе нанофабрик и центров синхротронного излучения.
2. От исследования отдельных наноэлектронных элементов к интегральным схемам нового поколения. Физические эффекты и технологические прорывы на пути к новой электронике.

#### 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 бала - 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 бала - 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 бала - 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 бал - 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.