

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

**УТВЕРЖДЕНО**

**Директор физтех-школы физики  
и исследований им. Ландау  
А.В. Рогачев**

	<b>Рабочая программа дисциплины (модуля)</b>
<b>по дисциплине:</b>	Электронная микроскопия биологических объектов
<b>по направлению:</b>	Прикладные математика и физика
<b>профиль подготовки:</b>	Общая и прикладная физика Физтех-школа физики и исследований им. Ландау кафедра биофизики
<b>курс:</b>	1
<b>квалификация:</b>	магистр

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

Аудиторных часов: 30 всего, в том числе:

лекции: 15 час.

семинары: 15 час.

лабораторные занятия: 0 час.

Самостоятельная работа: 30 час.

Подготовка к экзамену: 30 час.

Всего часов: 90, всего зач. ед.: 2

Программу составил: И.В. Манухов, д-р биол. наук

Программа обсуждена на заседании кафедры биофизики 03.02.2025

## Аннотация

Этот курс предоставит обзор методов, используемых для структурной характеристики и анализа взаимодействия белков и лекарств. Также будет дан обзор общих принципов организации белков и нуклеиновых кислот.

### 1. Цели и задачи

#### Цель дисциплины

формирование и совершенствование у обучаемых компетенций в сфере современных представлений о методе криоэлектронной микроскопии - современным и динамично развивающимся экспериментальным методом, активно набирающим популярность для исследований в области структурной биологии, позволяющим определять структуру макромолекулярных комплексов с разрешением, близким к атомарному.

#### Задачи дисциплины

- 1) Знакомство обучающихся с методами, используемыми для структурной характеристики и анализа взаимодействий белков и лекарственных препаратов, обзор общих принципов организации белков и нуклеиновых кислот.
- 2) Знакомство обучающихся с фундаментальными принципами, лежащими в основе криоэлектронной микроскопии, включая теоретическую подготовку:
  - a. принципы работы электронных микроскопов и обзор современной мировой приборной инфраструктуры;
  - b. введение в преобразования Фурье и принципы формирования изображения;
  - c. этапы и особенности пробоподготовки;
  - d. стратегии сбора данных и основные рабочие процессы обработки изображений для всех трех основных методов современной криоэлектронной микроскопии: томография, анализ отдельных частиц и двумерная электронная кристаллография.

### 2. Перечень формируемых компетенций

Освоение дисциплины направлено на формирование следующих компетенций:

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции
УК-1 Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий	УК-1.1 Анализирует проблемную ситуацию как систему, выявляя ее составляющие и связи между ними
	УК-1.2 Осуществляет поиск вариантов решения поставленной проблемной ситуации на основе доступных источников информации
	УК-1.3 Разрабатывает стратегию достижения поставленной цели как последовательность шагов, предвидя результат каждого из них и оценивая их влияние на внешнее окружение планируемой деятельности и на взаимоотношения участников этой деятельности
УК-4 Способен применять современные коммуникативные технологии, в том числе на иностранном(ых) языке(ах), для академического и профессионального взаимодействия	УК-4.1 Способен вести обмен деловой информацией в устной и письменной формах на государственном языке Российской Федерации и не менее чем на одном иностранном языке
	УК-4.3 Способен представлять результаты академической и профессиональной деятельности на различных научных мероприятиях, включая международные
	УК-4.4 Способен использовать современные средства информационно-коммуникационных технологий для академического и профессионального взаимодействия
ОПК-1 Владеет системой фундаментальных научных знаний в области	ОПК-1.1 Знает и способен использовать в профессиональной деятельности фундаментальные научные знания в области физико-математических наук

научных знаниях 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-2.3 Владеет профессиональной терминологией, используемой в современной научно-технической литературе, обладает навыками устного и письменного изложения результатов научной деятельности в рамках профессиональной коммуникации
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
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-4.2 Способен применять знания в области физико-математических наук для решения поставленной задачи, формулирования выводов и оценки полученных результатов
	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-5.1 Способен работать в коллективе, толерантно воспринимая социальные, этнические, конфессиональные и культурные различия
	ОПК-5.2 Владеет навыком руководства малым коллективом в сфере своей профессиональной деятельности
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-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:

- 1) Устройство, принципы работы криоэлектронных микроскопов, особенности и преимущества современных криоэлектронных микроскопов;
- 2) Особенности подготовки и проведения экспериментов по криоэлектронной микроскопии: неоднородность образцов и проблемы, связанные с биологическими образцами; трансмембранные белки и особенности их изучения; томография и анализ отдельных частиц; применение электронной томографии для изучения структуры белков; анализ спиральных структур;
- 3) Основы трехмерной реконструкции. Современное программное обеспечение и алгоритмы для анализа изображений и 3d реконструкции (cisTEM, RELION, SPHIRE, cryoSPARC и др.);
- 4) Базы данных ЭМ. Валидация данных и полученных на их основе реконструкций.

уметь:

- 1) Применять знание на основе современных представлений о методе криоэлектронной микроскопии для решения фундаментальных профессиональных задач;
- 2) Творчески использовать в научной деятельности знания о принципах работы электронных микроскопов и современной мировой приборной инфраструктуре;
- 3) Выделять и систематизировать основные идеи в научных текстах;
- 4) Критически оценивать любую поступающую информацию, вне зависимости от источника;
- 5) Генерировать новые идеи и методические решения;
- 6) Осуществлять проектирование своей научной деятельности;
- 7) Представлять свои научные результаты в устных докладах.

владеть:

- 1) Методами теоретического и экспериментального исследования;
- 2) Навыками поиска (в том числе с использованием информационных систем и баз данных), обработки, анализа и систематизации информации;
- 3) Навыками критического анализа и оценки современных научных достижений.

#### 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	Структура белков	2			2
2	Структура нуклеиновых кислот	2			2
3	Лекарственное взаимодействие с белком	2			2
4	Введение в разработку фрагментов лекарств и виртуальный скрининг	2			2
5	Основные биофизические методы исследования белков	2			2
6	Подготовка проб в ЭМ	1	1		2
7	Электронный микроскоп	1	1		2
8	Формирование изображения	1	1		2
9	Анализ отдельных частиц	1	1		2
10	Томография	1	1		2
11	Практические семинары		10		10
Итого часов		15	15		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. Структура белков

Уровни (первичный, вторичный, третичный) белковой организации, виды белков (растворимые или мембранные), домены

### 2. Структура нуклеиновых кислот

Двойная спираль, РНК против ДНК, упаковка сахаров, формы ДНК

### 3. Лекарственное взаимодействие с белком

Сродство, специфичность, термодинамика связывания

### 4. Введение в разработку фрагментов лекарств и виртуальный скрининг

Разработка лекарств, обнаружение и проверка потенциальных мишеней, правила Липинского, ADMET

### 5. Основные биофизические методы исследования белков

Краткое введение и сравнение рентгеновской кристаллографии, ЯМР, криоэлектронной микроскопии и т.д.

### 6. Подготовка проб в ЭМ

Типы решеток, подготовка, сборка, основные проблемы и устранение неисправностей

### 7. Электронный микроскоп

Основное устройство, пушки, линзы, колонки, детекторы

### 8. Формирование изображения

Амплитуды и фазы, функция контраста

### 9. Анализ отдельных частиц

Дорожная карта и практические аспекты

### 10. Томография

Дорожная карта и практические аспекты

### 11. Практические семинары

Подготовка сеток, негативное контрастирование

Работа с электронным микроскопом

Анализ и обработка данных. Часть 1

Анализ и обработка данных. Часть 2

Построение и улучшение модели

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

Платформа криоэлектронной микроскопии: криоэлектронный 300 кВ микроскоп FEI Polara G2, оборудование для эффективной и воспроизводимой пробоподготовки, включая систему витрификации FEI Vitrobot Mark IV, вычислительные мощности для анализа и обработки данных электронной микроскопии и последующего моделирования и уточнения структур. Вычислительные мощности для обработки данных дифракционных и спектроскопических измерений. Имеются локальные компьютерные кластеры для выполнения компьютерного моделирования. В постоянном доступе находятся ресурсы центра обработки данных МФТИ, предоставляющем серверное оборудование для совместного использования (включая выделение виртуальных серверов и доступ на общий вычислительный кластер). Имеется доступ к вычислительному CPU-кластеру в Center for Free Electron Laser science (CFEL, Гамбург, Германия) с 132 CPU-ядрами, а также системой приоритетного доступа к вычислениям во время проведения эксперимента.

## **6. Перечень рекомендуемой литературы**

Основная литература

Methods in Enzymology, Volume 481

Дополнительная литература

Electronic sources only:

1. Cryo-EM in drug discovery // Biochem Soc Trans (2019) 47 (1): 281–293. - doi.org/10.1042/BST20180267
2. Cryo-EM Grid Preparation of Membrane Protein Samples for Single Particle Analysis. - doi: 10.3389/fmolb.2018.00074
3. Cryo-electron tomography: the cell biology that came in from the cold. - doi:10.1002/1873-3468.12757
4. Electron cryomicroscopy as a powerful tool in biomedical research // Journal of Molecular Medicine. - Volume 96, pages 483–493, (2018). - doi.org/10.1007/s00109-018-1640-y

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

Не используются

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

При подготовке и проведении лекционных занятий используется сеть интернет.

Кроме того, используется Libre Office, а также графический пакет Ink Scape.

## **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 и понятия, 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 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)**

**по направлению:** Прикладные математика и физика  
**профиль подготовки:** Общая и прикладная физика  
Физтех-школа физики и исследований им. Ландау  
кафедра биофизики  
**курс:** 1  
**квалификация:** магистр

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

**Разработчик:** И.В. Манухов, д-р биол. наук

# 1. Компетенции, формируемые в процессе изучения дисциплины

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции
УК-1 Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий	УК-1.1 Анализирует проблемную ситуацию как систему, выявляя ее составляющие и связи между ними
	УК-1.2 Осуществляет поиск вариантов решения поставленной проблемной ситуации на основе доступных источников информации
	УК-1.3 Разрабатывает стратегию достижения поставленной цели как последовательность шагов, предвидя результат каждого из них и оценивая их влияние на внешнее окружение планируемой деятельности и на взаимоотношения участников этой деятельности
УК-4 Способен применять современные коммуникативные технологии, в том числе на иностранном(ых) языке(ах), для академического и профессионального взаимодействия	УК-4.1 Способен вести обмен деловой информацией в устной и письменной формах на государственном языке Российской Федерации и не менее чем на одном иностранном языке
	УК-4.3 Способен представлять результаты академической и профессиональной деятельности на различных научных мероприятиях, включая международные
	УК-4.4 Способен использовать современные средства информационно-коммуникационных технологий для академического и профессионального взаимодействия
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-2.3 Владеет профессиональной терминологией, используемой в современной научно-технической литературе, обладает навыками устного и письменного изложения результатов научной деятельности в рамках профессиональной коммуникации
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
ОПК-4 Способен успешно реализовывать решение поставленной задачи, провести	ОПК-4.1 Способен применять знания и навыки по использованию информационно-коммуникационных технологий для поиска и изучения научной литературы, применения прикладных программных продуктов

анализ результата и представить выводы, применяя знания и навыки в области физико-математических наук и информационно-коммуникационных технологий	ОПК-4.2 Способен применять знания в области физико-математических наук для решения поставленной задачи, формулирования выводов и оценки полученных результатов
	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-5.1 Способен работать в коллективе, толерантно воспринимая социальные, этнические, конфессиональные и культурные различия
	ОПК-5.2 Владеет навыком руководства малым коллективом в сфере своей профессиональной деятельности
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-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 «Электронная микроскопия биологических объектов» обучающийся должен:

### знать:

- 1) Устройство, принципы работы криоэлектронных микроскопов, особенности и преимущества современных криоэлектронных микроскопов;
- 2) Особенности подготовки и проведения экспериментов по криоэлектронной микроскопии: неоднородность образцов и проблемы, связанные с биологическими образцами; трансмембранные белки и особенности их изучения; томография и анализ отдельных частиц; применение электронной томографии для изучения структуры белков; анализ спиральных структур;
- 3) Основы трехмерной реконструкции. Современное программное обеспечение и алгоритмы для анализа изображений и 3d реконструкции (cisTEM, RELION, SPHIRE, cryoSPARC и др.);
- 4) Базы данных ЭМ. Валидация данных и полученных на их основе реконструкций.

### уметь:

- 1) Применять знание на основе современных представлений о методе криоэлектронной микроскопии для решения фундаментальных профессиональных задач;
- 2) Творчески использовать в научной деятельности знания о принципах работы электронных микроскопов и современной мировой приборной инфраструктуре;
- 3) Выделять и систематизировать основные идеи в научных текстах;
- 4) Критически оценивать любую поступающую информацию, вне зависимости от источника;
- 5) Генерировать новые идеи и методические решения;
- 6) Осуществлять проектирование своей научной деятельности;
- 7) Представлять свои научные результаты в устных докладах.

### владеть:

- 1) Методами теоретического и экспериментального исследования;
- 2) Навыками поиска (в том числе с использованием информационных систем и баз данных), обработки, анализа и систематизации информации;
- 3) Навыками критического анализа и оценки современных научных достижений.

### **3. Перечень типовых (примерных) вопросов, заданий, тем для подготовки к текущему контролю**

Не предусмотрено.

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

Перечень контрольных вопросов:

Опишите гидрофобный эффект в контексте растворимых и мембранных белков.

Пожалуйста, объясните, почему ДНК, а не РНК, используется в качестве генетического материала для хранения информации

Опишите, пожалуйста, основные этапы разработки нового препарата.

Каковы основные преимущества / недостатки рентгеновской кристаллографии, ЯМР и крио-ЭМ для структурного анализа?

Почему ученые стремятся создавать лекарства с очень высоким сродством?

Примеры контрольных заданий:

Опишите основные элементы устройства электронного микроскопа.

Каковы основные «бутылочные горлышки» анализа отдельных частиц?

Что такое STF? Почему это используется в ЭМ?

Опишите основные этапы обработки и анализа данных

Опишите принцип негативного контрастирования.

Примеры экзаменационных билетов:

Билет 1.

1. Опишите гидрофобный эффект в контексте растворимых и мембранных белков.
2. Опишите основные элементы устройства электронного микроскопа.

Билет 2.

1. Объясните, почему ДНК, а не РНК, используется в качестве генетического материала для хранения информации
2. Каковы основные «бутылочные горлышки» анализа отдельных частиц?

Билет 3.

1. Опишите, пожалуйста, основные этапы разработки нового препарата.
2. Что такое STF? Почему это используется в ЭМ?

Билет 4.

1. Каковы основные преимущества / недостатки рентгеновской кристаллографии, ЯМР и крио-ЭМ для структурного анализа?
2. Опишите основные этапы обработки и анализа данных.

Билет 5.

1. Почему ученые стремятся создавать лекарства с очень высоким сродством?
2. Опишите принцип негативного контрастирования.

### **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**

Экзамен проводится в устной форме по билетам. В каждом билете представлено два теоретических вопроса. При проведении экзамена обучающемуся предоставляется 30 минут на подготовку. Опрос обучающегося не должен превышать одного астрономического часа.