

**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>	Молекулярное моделирование в разработке лекарств
<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: 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: И.В. Манухов, д-р биол. наук

Программа обсуждена на заседании кафедры биофизики 28.01.2025

## Аннотация

Цель дисциплины - ознакомить слушателей с основными концепциями и подходами в области рационального дизайна лекарственных препаратов, включая получение навыков работы с распространенными базами данных и форматами представления информации и структуре химических соединений, представлений о молекулярном моделировании, докинге и прочих подходах виртуального скрининга, вычислительных подходах для предсказания свойств химических соединений и их биологической активности.

### 1. Цели и задачи

#### Цель дисциплины

Ознакомить слушателей с основными концепциями и подходами в области рационального дизайна лекарственных препаратов, включая получение навыков работы с распространенными базами данных и форматами представления информации и структуре химических соединений, представлений о молекулярном моделировании, докинге и прочих подходах виртуального скрининга, вычислительных подходах для предсказания свойств химических соединений и их биологической активности.

#### Задачи дисциплины

- 1) Развить у студентов представления об основных методах и подходах, применяемых при рациональной разработке лекарственных средств.
- 2) Познакомить их с распространенными форматами данных и базами данных.
- 3) Выработать теоретические знания и практические навыки применения методов виртуального скрининга химических соединений с применением подходов, основанных «на структуре» и «на лиганде»: докинга, фармакофорного поиска, поиска по подобию.
- 4) Развить навыки критического анализа литературы и результатов работы компьютерных алгоритмов, планирования и реализации оптимальной стратегии рационального дизайна лекарств в реальных задачах.

### 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-2 Способен управлять проектом на всех этапах его реализации	УК-2.4 Представляет публично результаты проекта (или отдельных его этапов) в форме отчетов, статей, выступлений на научно-практических конференциях, семинарах и т.п.
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-4.2 Владеет навыками, необходимыми для написания, письменного перевода и редактирования различных академических текстов (рефератов, эссе, обзоров, статей и т.д.)

УК-6 Способен определять и реализовывать приоритеты собственной деятельности и способы ее совершенствования на основе самооценки	УК-6.1 Умеет решать задачи собственного личностного и профессионального развития, определять и реализовывать приоритеты совершенствования собственной деятельности
	УК-6.2 Оценивает свою деятельность, соотносит цели, способы и средства выполнения деятельности с её результатами
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 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-1.2 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-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:

- 1) методику извлечения и анализа интересующей научно-технической информации по компьютерному дизайну лекарственных соединений, компьютерному поиску и моделированию мишеней лекарственных соединений;
- 2) основные термины и понятия из области рационального компьютерного дизайна лекарственных соединений и молекулярного моделирования;
- 3) основные методы и подходы для поиска перспективных мишеней лекарственных соединений, рационального компьютерного дизайна таких соединений, а также оценки их физико-химических и ADME профилей компьютерными методами.

уметь:

- 1) самостоятельно осуществлять поиск специальной литературы и выбирать эффективные методы решения согласно поставленным прикладным задачам;
- 2) использовать основные методы компьютерного молекулярного моделирования, компьютерного дизайна, высокопроизводительного компьютерного скрининга для поиска новых лекарственных соединений;
- 3) использовать компьютерные методы для оценки физико-химических и ADME профилей химических соединений.

владеть:

- 1) теоретическим материалом для постановки и решения различных задач рационального компьютерного дизайна лекарственных соединений и необходимого для самостоятельной работы;
- 2) методами компьютерного моделирования для решения прикладных задач рационального компьютерного дизайна лекарственных соединений;
- 3) навыками сбора, обработки и анализа необходимой информации для решения поставленной задачи;
- 4) основными методами представления полученных результатов в виде научной статьи, доклада, презентации или лекции.

### 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	Компьютерное представление структур молекул и методы оптимизации их геометрии, химические базы данных	3			3
2	Моделирование структуры и динамики белков	3			3
3	Биоинформатические подходы для поиска перспективных мишеней лекарственных препаратов	4			4
4	Молекулярный докинг	4			4
5	Скрининг веществ на основе информации о лиганде: фармакофорный поиск	4			4

6	Высокопроизводительный виртуальный скрининг потенциальных лекарственных препаратов	4			4
7	Машинное обучение для задач предсказания свойств и активности химических соединений: построение QSAR моделей	4			4
8	Применение нейронных сетей для задач молекулярной фармакологии	4			4
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. Компьютерное представление структур молекул и методы оптимизации их геометрии, химические базы данных

Источники информации о пространственной структуре молекул. Подходы к моделированию молекул на основе классической и квантовой механики. Силовые поля. Оптимизация геометрии молекул, анализ конформационного пространства.

2. Моделирование структуры и динамики белков

Источники информации о структуре белков и белковых комплексов. Построение молекулярных моделей белков de novo и по гомологии. Общие представления о методе молекулярной динамики.

3. Биоинформатические подходы для поиска перспективных мишеней лекарственных препаратов

Анализ омиксных данных для поиска перспективных белковых мишеней для лекарственных препаратов. Анализ дифференциальной экспрессии генов и сигнальных путей.

4. Молекулярный докинг

Сущность метода молекулярного докинга и его проблемы. Алгоритмы молекулярного докинга. Оценочные функции.

5. Скрининг веществ на основе информации о лиганде: фармакофорный поиск

Понятие фармакофора. Методы совмещения молекул.

6. Высокопроизводительный виртуальный скрининг потенциальных лекарственных препаратов

Подготовка библиотек соединений для виртуального скрининга. Фильтрация результатов виртуального скрининга.

7. Машинное обучение для задач предсказания свойств и активности химических соединений: построение QSAR моделей

Сущность QSAR. Прямая и обратная задачи. Молекулярные дескрипторы. Надежность QSAR моделей.

## 8. Применение нейронных сетей для задач молекулярной фармакологии

Общий обзор методов машинного обучения и искусственного интеллекта. Подходы к представлению структуры молекул, фингерпринты. Применение нейронных сетей для предсказания физико-химических и ADME свойств молекул. Примеры применения генеративных сетей (GAN) для генерации новых соединений с заданными свойствами.

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

Учебная аудитория с медиапроектором и экраном, доступом в сеть Интернет.

## 6. Перечень рекомендуемой литературы

### Основная литература

Фонд базовой кафедры:

1. Молекулярное моделирование : теория и практика / Х.-Д. Хёльте, В. Зиппл, Д. Роньян, Г. Фолькерс . — Москва, Лаборатория знаний, 2020.— URL: <http://books.mipt.ru/book/301428> (дата обращения: 25.02.2021). - Полный текст (Режим доступа : из сети МФТИ / Удаленный доступ)
2. Neil C. Jones, Pavel A. Pevzner, An Introduction to Bioinformatics Algorithms, MIT Press, 2004.

### Дополнительная литература

Фонд базовой кафедры:

1. Young, D.C. Computational drug design: a guide for computational and medicinal chemists / D.C. Young. — N.Y. : Wiley, 2009. — 344 p.

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

Открытые базы данных химической и медико-биологической информации (ChEMBL, DrugBank, GenCards, PubMed, GEO)

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

Не используются

## 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 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)**

**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-2 Способен управлять проектом на всех этапах его реализации	УК-2.4 Представляет публично результаты проекта (или отдельных его этапов) в форме отчетов, статей, выступлений на научно-практических конференциях, семинарах и т.п.
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-4.2 Владеет навыками, необходимыми для написания, письменного перевода и редактирования различных академических текстов (рефератов, эссе, обзоров, статей и т.д.)
УК-6 Способен определять и реализовывать приоритеты собственной деятельности и способы ее совершенствования на основе самооценки	УК-6.1 Умеет решать задачи собственного личностного и профессионального развития, определять и реализовывать приоритеты совершенствования собственной деятельности
	УК-6.2 Оценивает свою деятельность, соотносит цели, способы и средства выполнения деятельности с её результатами
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	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)

ограничения различных методов решения	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-4.3 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-1.2 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-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 «Молекулярное моделирование в разработке лекарств» обучающийся должен:

### знать:

- 1) методику извлечения и анализа интересующей научно-технической информации по компьютерному дизайну лекарственных соединений, компьютерному поиску и моделированию мишеней лекарственных соединений;
- 2) основные термины и понятия из области рационального компьютерного дизайна лекарственных соединений и молекулярного моделирования;
- 3) основные методы и подходы для поиска перспективных мишеней лекарственных соединений, рационального компьютерного дизайна таких соединений, а также оценки их физико-химических и ADME профилей компьютерными методами.

### уметь:

- 1) самостоятельно осуществлять поиск специальной литературы и выбирать эффективные методы решения согласно поставленным прикладным задачам;
- 2) использовать основные методы компьютерного молекулярного моделирования, компьютерного дизайна, высокопроизводительного компьютерного скрининга для поиска новых лекарственных соединений;
- 3) использовать компьютерные методы для оценки физико-химических и ADME профилей химических соединений.

### владеть:

- 1) теоретическим материалом для постановки и решения различных задач рационального компьютерного дизайна лекарственных соединений и необходимого для самостоятельной работы;
- 2) методами компьютерного моделирования для решения прикладных задач рационального компьютерного дизайна лекарственных соединений;
- 3) навыками сбора, обработки и анализа необходимой информации для решения поставленной задачи;
- 4) основными методами представления полученных результатов в виде научной статьи, доклада, презентации или лекции.

### **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**

Перечень контрольных вопросов (не менее пяти вопросов/заданий)

1. Распространенные базы данных, используемые в хемо- и биоинформатике.
2. Молекулярные представления: дескрипторы и фингерпринты.
3. Молекулярный докинг. Структура силовых полей и функций энергий, применяемых в молекулярном докинге.
4. Фармакофоры и фармакофорный поиск.
5. Молекулярные дескрипторы и фильтры. Распространенные фильтры для отбора «лекарственно-подобных» соединений (правило 5 и т.п.).
6. Модели поиска закономерностей структура-свойство и структура-активность (QSAR). Распространенные подходы для построения таких моделей.
7. Методы глубокого обучения в разработке лекарств. Основные подходы и перспективы.
8. Какие величины используют для количественного описания взаимодействия между биологической мишенью и лигандом? Как они соотносятся?
9. Типы межмолекулярных взаимодействий, важных для формирования белок-лигандных комплексов. Их характерные энергетические вклады.
10. Основные стратегии компьютерного дизайна лекарств.
11. Кинетика и термодинамика взаимодействия лигандов с мишенями. Типы ингибирования.  $K_d$  и  $IC_{50}$ .
12. Подходы для поиска биологических мишеней.
13. Основные виды представления данных о структурах молекул. Распространенные форматы.

Примеры экзаменационных билетов

Билет 1.

1. Какие величины используют для количественного описания взаимодействия между биологической мишенью и лигандом? Как они соотносятся?
2. Типы межмолекулярных взаимодействий, важных для формирования белок-лигандных комплексов. Их характерные энергетические вклады.

Билет 2.

1. Подходы для поиска биологических мишеней.
2. Основные виды представления данных о структурах молекул. Распространенные форматы.

Билет 3.

1. Основные стратегии компьютерного дизайна лекарств.
2. Кинетика и термодинамика взаимодействия лигандов с мишенями. Типы ингибирования.  $K_d$  и  $IC_{50}$ .

Билет 4.

1. Распространенные базы данных, используемые в хемо- и биоинформатике.
2. Молекулярные представления: дескрипторы и фингерпринты.

Билет 5.

1. Молекулярный докинг. Структура силовых полей и функций энергий, применяемых в молекулярном докинге.
2. Фармакофоры и фармакофорный поиск.

#### 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.