

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

УТВЕРЖДЕНО
исполнительный директор

М.А. Смирнова

	Рабочая программа дисциплины (модуля)
по дисциплине:	Тераностика. Наноструктуры в биомедицине
по направлению:	Биотехнология
профиль подготовки:	Системная и синтетическая биология Физтех-школа Биологической и Медицинской Физики кафедра системной и синтетической биологии
курс:	1
квалификация:	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: 75 час.

Подготовка к экзамену: 30 час.

Всего часов: 135, всего зач. ед.: 3

Программу составил: М.Н. Яковцева, канд. биол. наук

Программа обсуждена на заседании кафедры системной и синтетической биологии 11.04.2024

Аннотация

Дисциплина «Тераностика. Наноструктуры в биомедицине» представляет собой изучение нового подхода к созданию фармацевтических композиций, заключающегося в комплексном решении терапевтических и диагностических проблем путём создания наноструктур различной природы, которые являются одновременно и средствами ранней диагностики, и терапевтическими агентами. В ходе изучения данной дисциплины студенты узнают о принципах создания нанолекарств, их воздействии на организм, методиках диагностики и контроля терапии. Курс также охватывает основы биоимиджинга, молекулярной диагностики и применения нанотехнологий в современной медицине.

Дисциплина включает в себя лекции и лабораторно-практические работы, позволяющие участникам овладеть основными навыками работы с наноматериалами в медицинских целях.

1. Цели и задачи

Цель дисциплины

- приобретение знаний о принципах и методах применения наноструктур в области биомедицины с целью создания эффективных диагностических и терапевтических средств. Изучение современных технологий и исследовательских методов, связанных с использованием наноматериалов для таргетной доставки лекарств и персонализированной медицины.

Задачи дисциплины

- изучение основных понятий тераностики и наноструктур, применяемых в биомедицине;
- анализ перспектив использования наночастиц в диагностике и терапии заболеваний и современное состояние вопроса;
- изучение основных принципов и механизмов адресной доставки терапевтических агентов;
- исследование механизмов взаимодействия наночастиц с биологическими объектами;
- изучение принципов использования наночастиц для детекции маркеров заболеваний;
- изучение влияния наноматериалов на клеточные процессы и механизмы биовзаимодействия *in vitro* и *in vivo*;
- изучение потенциальных рисков и побочных эффектов применения наноматериалов в тераностике;
- обзор перспективных наноструктур различной природы и направлений их применения в персонализированной медицине.

2. Перечень формируемых компетенций

Освоение дисциплины направлено на формирование следующих компетенций:

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции
ОПК-3 Способен выбирать и (или) разрабатывать подходы к решению типовых и новых задач в области профессиональной деятельности, учитывая особенности и ограничения различных методов решения	ОПК-3.1 Способен анализировать задачу, планировать пути решения, предлагать и комбинировать способы решения
	ОПК-3.2 Способен использовать исследовательские методы при решении новых задач, применяя знания в различных областях науки (техники)
	ОПК-3.3 Владеет аналитическими и вычислительными методами решения, понимает и учитывает на практике границы применимости получаемых решений

3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны знать:

- основные понятия и характеристики тераностики и ее применение в медицине и науке;
- современные технологии и методы исследования в области тераностики;
- способы диагностики заболеваний с использованием наноструктур;
- методы экспресс-диагностики на основе наночастиц;
- понятие биомаркеров и их роль в диагностике и прогнозировании заболеваний;
- технологии производства наночастиц и методы диагностики на их основе;
- основные принципы безопасности использования наночастиц;
- тенденции развития тераностики в медицине.

уметь:

- разбираться в видах и методах синтеза наночастиц, применяемых тераностике;
- понимать основные принципы взаимодействия наночастиц с биологическими системами;
- уметь оценивать потенциальные риски и преимущества использования наноматериалов в медицине;
- уметь оценивать токсичность наночастиц и их влияние на живые объекты *in vitro* и *in vivo*;
- использовать наночастицы для разработки новых методов диагностики и лечения заболеваний;
- работать с современным оборудованием и методиками по изучению наночастиц;
- применять полученные знания и навыки в практической деятельности научного характера;
- анализировать современные научные статьи и публикации по соответствующей теме;
- эффективно искать литературу и другую специальную информацию в избранной области науки.

владеть:

- знаниями о свойствах и применении наноматериалов в биомедицине и тераностике;
- пониманием принципов взаимодействия наночастиц с живыми объектами на молекулярном уровне;
- навыками применения методов диагностики и лечения с использованием наночастиц;
- умением анализировать данные и результаты исследований в области тераностики и нанобиотехнологий;
- умением оценивать потенциальные риски и преимущества использования наноматериалов в медицине;
- навыками работы с современным оборудованием для исследования и применения наноматериалов.

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	Наноструктуры в персонализированной медицине и тераностике.	3			7
2	Разработка экспресс-диагностики на основе наночастиц.	3			7
3	Строение молекул иммуноглобулинов.	3			8
4	Явление флуоресценции и ППР в биологических системах.	3			8
5	Методы химической конъюгации наноагентов для таргетной доставки.	3			7
6	Фототермическая и фотодинамическая терапия. Мультифотоника.	3			8

7	Методы in vitro исследования наноагентов на пути создания эффективных систем контролируемой доставки лекарств.	3			8
8	Механизмы адресной доставки наноагентов к клеткам.	3			7
9	Лабораторные грызуны как модель исследований противораковых агентов.	3			8
10	Методы in vivo исследования наноагентов на пути создания эффективных систем контролируемой доставки лекарств.	3			7
Итого часов		30			75
Подготовка к экзамену		30 час.			
Общая трудоёмкость		135 час., 3 зач.ед.			

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

Семестр: 2 (Весенний)

1. Наноструктуры в персонализированной медицине и тераностике.

Проблемы области и пути увеличения эффективности наноагентов для задач терапии и диагностики. Подробное описание проблем трансляции в клиническую практику наноагентов различной природы.

2. Разработка экспресс-диагностики на основе наночастиц.

Экспресс-диагностика, основные понятия и термины, способы классификации. Гомогенные форматы – от простых к сложным, частные варианты реализации гомогенных форматов, гетерогенные форматы экспресс-диагностики, основные тенденции развития экспресс-диагностики. Иммунохроматографический анализ - принципы и современное состояние.

3. Строение молекул иммуноглобулинов.

Понятия антитела, антигена, антигенной детерминанты. Константы аффинности антител, диапазоны. Строение IgG. Иммуноферментный анализ, определение, принцип метода. Виды ИФА: прямой, непрямой, сэндвич-анализ, конкурентный анализ. Метки для ИФА – пероксидаза хрена, щелочная фосфатаза, флуоресцентные субстраты, люминесцентные субстраты.

4. Явление флуоресценции и ППП в биологических системах.

Флуоресценция, люминесценция, фосфоресценция – отличия, характерные времена. Возбуждения и испускание. Стоксов сдвиг. Антистоксовые краски Стекинг. Н- и J-агрегаты – с примерами веществ. Понятие квантового выхода. Тандемные красители для цитометрии. FRET и BRET – понятие, условия при которых происходят данные явления. Квазичастицы. Плазмон, поляритон. Механизмы диссипации энергии при возбуждении ППП. Вещества, обладающие наиболее эффективным ППП.

5. Методы химической конъюгации наноагентов для таргетной доставки.

Строение белка. Первичная, вторичная, третичная, четвертичная структура. N-конец, C-конец белка, альфа-аминогруппа, эpsilon-аминогруппа. Изоэлектрическая точка белка, измерение. Понятие кросслинкера (кроссшивающего реагента). Понятие кросслинкера с нулевым спейсером (zero-length crosslinker). Карбодиимидный метод конъюгации на примере наночастицы с карбокси-группами и белка с амино-группами: детально стадии реакции, подробные условия (pH, буфер), ограничения реакции. EDC, EDC+NHS, EDC+s-NHS. CMC, DCC, DIC, CDI. Клик-химия. Принципы медной и безмедной клик-химии.

6. Фототермическая и фотодинамическая терапия. Мультифотоника.

Определения ФТТ, ФДТ, примеры применения в клинике. Процессы на клеточном уровне при ФДТ и ФТТ: какие молекулы задействуются, как меняется мембрана клетки, что происходит с липидами. Прохождение света через биоткани: диапазон длин волн. Окна прозрачности биоткани: NIR-1, NIR-2, SWIR, что именно обуславливает «прозрачность» и «непрозрачность». Мультифотонные процессы – 2Р и 3Р для *in vivo* исследований.

7. Методы *in vitro* исследования наноагентов на пути создания эффективных систем контролируемой доставки лекарств.

Методы исследования клеток и клеточных взаимодействий с наночастицами. Взаимодействие наночастиц с клетками: поверхностный заряд. Пиноцитоз, микро-пиноцитоз, макро-пиноцитоз, эндоцитоз, диффузия, рецептор-опосредованный, эндоцитоз, кавеолин-зависимый, клатрин-зависимый эндоцитоз. Проницаемость плазматической мембраны клетки. Механизмы контролируемого высвобождения лекарств с использованием различных типов наноагентов.

8. Механизмы адресной доставки наноагентов к клеткам.

9. Лабораторные грызуны как модель исследований противораковых агентов.

Модели раковых опухолей (определение и примеры): аллографтные vs ксенографтные, ортотопические опухоли, PDX models, генетические модели. Формирование опухолей при воздействии химических стимулов. Иммунодефицитные и иммунокомпетентные мыши - бальбы, нуды, скиды. Система МФС – основные органы. Поглощение нанообъектов разных размеров, гистогематические барьеры, подробно про ГЭБ. Явление трансцитоза. EPR-эффект, определение, примеры. ABC phenomenon. PEG-дилемма. Опсоины, деопсоины. Плотные межклеточные контакты, формирование, названия белков.

10. Методы *in vivo* исследования наноагентов на пути создания эффективных систем контролируемой доставки лекарств.

Методы исследования наноагентов в живых организмах (*in vivo*). Биодоступность, токсичность, фармакокинетика и фармакодинамика наноагентов. Определение оптимальных параметров дозировки, режима доставки и маршрута введения наноагентов для обеспечения максимальной эффективности и минимального воздействия на организм.

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

Учебная аудитория, оснащенная компьютером и мультимедийным оборудованием (проектор, звуковая система).

Научная лаборатория, оснащенная оборудованием для химического синтеза наночастиц, их характеристики (спектрального анализа, микроскопии и др.), а также для исследования их биологических свойств.

6. Перечень рекомендуемой литературы

Основная литература

1. Культура животных клеток [Текст] / Р. Я. Фрешни; пер. с 5-го англ. изд. Ю. Н. Хомякова, Т. И. Хомяковой - М.БИНОМ. Лаборатория знаний, 2011
2. Наглядная биохимия [Текст] , [справочник] / Я. Кольман, К. - Г. Рем , М., Лаборатория знаний, 2018
3. Молекулярная биология клетки [Текст] : в 3 т. Т. 1 : [учебник для вузов] / Б. Альбертс [и др.] ; пер. с англ. А. А. Светлова, О. В. Карловой ; под ред. А. А. Миронова, Л. В. Мочаловой .— М. ; Ижевск : Ин-т компьютер. исследований, 2013 .— 808 с.

Дополнительная литература

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

<https://www.books-up.ru/ru/book/nanobiotehnologii-14452788/>

<https://e.lanbook.com/book/130172>

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. Приветствуется наличие во время занятий смартфонов/ноутбуков для участия в интерактивных упражнениях.

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.

ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)

по направлению: Биотехнология
профиль подготовки: Системная и синтетическая биология
Физтех-школа Биологической и Медицинской Физики
кафедра системной и синтетической биологии
курс: 1
квалификация: магистр

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

Разработчик: М.Н. Яковцева, канд. биол. наук

1. Компетенции, формируемые в процессе изучения дисциплины

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции
ОПК-3 Способен выбирать и (или) разрабатывать подходы к решению типовых и новых задач в области профессиональной деятельности, учитывая особенности и ограничения различных методов решения	ОПК-3.1 Способен анализировать задачу, планировать пути решения, предлагать и комбинировать способы решения
	ОПК-3.2 Способен использовать исследовательские методы при решении новых задач, применяя знания в различных областях науки (техники)
	ОПК-3.3 Владеет аналитическими и вычислительными методами решения, понимает и учитывает на практике границы применимости получаемых решений

2. Показатели оценивания компетенций

В результате изучения дисциплины «Тераностика. Наноструктуры в биомедицине» обучающийся должен:

знать:

- основные понятия и характеристики тераностики и ее применение в медицине и науке;
- современные технологии и методы исследования в области тераностики;
- способы диагностики заболеваний с использованием наноструктур;
- методы экспресс-диагностики на основе наночастиц;
- понятие биомаркеров и их роль в диагностике и прогнозировании заболеваний;
- технологии производства наночастиц и методы диагностики на их основе;
- основные принципы безопасности использования наночастиц;
- тенденции развития тераностики в медицине.

уметь:

- разбираться в видах и методах синтеза наночастиц, применяемых тераностике;
- понимать основные принципы взаимодействия наночастиц с биологическими системами;
- уметь оценивать потенциальные риски и преимущества использования наноматериалов в медицине;
- уметь оценивать токсичность наночастиц и их влияние на живые объекты *in vitro* и *in vivo*;
- использовать наночастицы для разработки новых методов диагностики и лечения заболеваний;
- работать с современным оборудованием и методиками по изучению наночастиц;
- применять полученные знания и навыки в практической деятельности научного характера;
- анализировать современные научные статьи и публикации по соответствующей теме;
- эффективно искать литературу и другую специальную информацию в избранной области науки.

владеть:

- знаниями о свойствах и применении наноматериалов в биомедицине и тераностике;
- пониманием принципов взаимодействия наночастиц с живыми объектами на молекулярном уровне;
- навыками применения методов диагностики и лечения с использованием наночастиц;
- умением анализировать данные и результаты исследований в области тераностики и нанобиотехнологий;
- умением оценивать потенциальные риски и преимущества использования наноматериалов в медицине;
- навыками работы с современным оборудованием для исследования и применения наноматериалов.

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

Во время текущего контроля студент должен уметь ответить на следующие вопросы:

1. Тераностика, определение, преимущества по сравнению с традиционными методами диагностики и терапии, недостатки. Методы, используемые для обнаружения и лечения заболеваний. Какие технологии сейчас находятся на передовых позициях в области тераностики, какие перспективы и ограничения могут возникнуть при применении тераностики в клинической практике.
2. Персонализированная медицина, методы и технологии. Генетические и молекулярные маркеры, используемые для индивидуализации лечения пациентов. Преимущества и недостатки. Актуальное состояние и перспективы, примеры конкретных заболеваний, которые лечат с использованием персонализированной медицины.
3. Применение наночастиц и наноматериалов в медицине. Современное состояние вопроса. Проблемы области и пути увеличения эффективности наноагентов для задач терапии и диагностики. Проблемы трансляции в клиническую практику наноагентов различной природы.
4. Экспресс-диагностика, роль наночастиц. Основные понятия и термины, способы классификации. Гомогенные и гетерогенные форматы экспресс-диагностики, основные тенденции развития экспресс-диагностики. ИХА - принципы и современное состояние.
5. Строение молекул иммуноглобулинов. Антитела, определение, структура. Классы иммуноглобулинов IgG, IgM, IgE и др., сходства, отличия, функции. Антитело-антиген, антигенные детерминанты. Константы аффинности антител, диапазоны.
6. Моноклональные и поликлональные антитела, различие, преимущества и недостатки. Значимость моноклональных антител для диагностики и терапии различных заболеваний. Факторы, влияющие на стабильность и долговечность моноклональных антител. Отличие скаффолдовых распознающих полипептидов от полноразмерных антител.

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

Типовые вопросы для экзамена

1. Анализ специфичности и аффинности антител. Основные принципы действия и методы получения. В каких областях медицины применяются антитела. Основные проблемы, с которыми сталкиваются при их использовании. Перспективы развития в будущем.
2. Гибридная технология, ее преимущества. Технология, характеристики и методы получения. Основные типы существующих гибридом, технологии использования для мониторинга и анализа гибридом. Какие проблемы могут возникнуть при создании и использовании гибридомы? Области применения.
3. Фотодинамическая терапия, определение, принцип действия. Процессы на клеточном уровне при ФДТ. Какие патологии можно лечить с помощью фотодинамической терапии. Преимущества и недостатки фотодинамической терапии по сравнению с другими методами лечения. Виды фотосенсибилизаторов и источников света. Возможные побочные эффекты.
4. Фототермическая терапия, определение, принцип действия – преобразование электромагнитного излучения в тепловую энергию. Процессы на клеточном уровне при ФТТ. Примеры применения в клинике. Какие патологии можно лечить с помощью ФТТ. Используемое оборудование. Преимущества и недостатки фототермической терапии по сравнению с другими методами лечения.
5. Иммуноферментный анализ, определение, принцип метода. Виды ИФА: прямой, непрямой, сэндвич-анализ, конкурентный анализ. Метки для ИФА – пероксидаза хрена, щелочная фосфатаза, флуоресцентные субстраты, люминесцентные субстраты. Области применения.
6. Явление флуоресценции и ППР в биологических системах. Флуоресценция, люминесценция, фосфоресценция – отличия, характерные времена. Возбуждения и испускание. Механизмы диссипации энергии при возбуждении ППР. Вещества, обладающие наиболее эффективным ППР.
7. Прохождение света через биоткани: диапазон длин волн. Какие есть методы медицинской диагностики, позволяющие визуализировать более глубокие ткани организма? Окна прозрачности биоткани: NIR-1, NIR-2, SWIR, что именно обуславливает «прозрачность» и «непрозрачность». Мультифотонные процессы – 2Р и 3Р для *in vivo* исследований.
8. Методы исследования клеток и клеточных взаимодействий с наночастицами: пиноцитоз, микро-пиноцитоз, макро-пиноцитоз, эндоцитоз, диффузия, рецептор-опосредованный, эндоцитоз, кавеолин-зависимый и клатрин-зависимый эндоцитоз. Механизмы контролируемого высвобождения лекарств с использованием различных типов наноагентов.

9. Биомаркеры, используемые в тераностике? Механизмы адресной доставки наноагентов к клеткам. Онкомаркеры как мишень для адресной доставки. Мембраноассоциированные онкомаркеры: виды онкомаркеров.

10. Рецептор HER2 – названия, синонимы, открытие, кодирующий ген, особенности строения рецептора, взаимодействие, активация сигнальных путей в клетке. HER2-позитивные и негативные клетки.

Примеры билетов:

Билет 1

1. Клеточные линии с различным уровнем экспрессии HER2, условия культивирования. Его роль в разработке терапии онкологии и тераностики. Перспективы и проблемы использования.

2. Лабораторные грызуны как модель исследований противораковых агентов. Модели опухолей (определение и примеры): аллогraftные vs ксеногraftные, ортотопические и др. Формирование опухолей при воздействии химических стимулов.

Билет 2

1. Иммунодефицитные и иммунокомпетентные мыши. Поглощение нанообъектов разных размеров, гистогематические барьеры, гематоэнцефалический барьер. Явление трансцитоза.

2. Методы *in vivo* исследования наноагентов в живых организмах. Биодоступность, токсичность, фармакокинетика и фармакодинамика наноагентов. Определение оптимальных параметров дозировки, режима доставки и маршрута введения наноагентов для обеспечения максимальной эффективности и минимального воздействия на организм.

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

Аттестация по дисциплине осуществляется в форме экзамена. При проведении устного экзамена обучающемуся предоставляется 60 минут на подготовку. Опрос обучающегося по билету на устном экзамене не должен превышать одного астрономического часа.