

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

**УТВЕРЖДЕНО**  
исполнительный директор

**М.А. Смирнова**

	<b>Рабочая программа дисциплины (модуля)</b>
<b>по дисциплине:</b>	Тераностика. Наноструктуры в биомедицине
<b>по направлению:</b>	Прикладные математика и физика
<b>профиль подготовки:</b>	Биофизика и инженерия в нанобиотехнологиях Физтех-школа Биологической и Медицинской Физики кафедра системной и синтетической биологии
<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: 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
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-2.1 Формулирует в рамках обозначенной проблемы, цель, задачи, актуальность, значимость (научную, практическую, методическую и иную в зависимости от типа проекта), ожидаемые результаты и возможные сферы их применения
	ОПК-2.1 Имеет представление о современном состоянии исследований в рамках тематической области своей 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-2.2 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
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
	ПК-2.2 Способен проводить апробацию результатов научно-исследовательской работы посредством публикации научных статей и участия в конференциях

### 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. Антистоксовы 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. Изoeлектрическая 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. Опсонины, деопсонины. 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/nanobiotechnologii-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)**

<b>по направлению:</b>	Прикладные математика и физика
<b>профиль подготовки:</b>	Биофизика и инженерия в нанобиотехнологиях Физтех-школа Биологической и Медицинской Физики кафедра системной и синтетической биологии
<b>курс:</b>	<u>1</u>
<b>квалификация:</b>	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
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-2.1 Формулирует в рамках обозначенной проблемы, цель, задачи, актуальность, значимость (научную, практическую, методическую и иную в зависимости от типа проекта), ожидаемые результаты и возможные сферы их применения
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
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
	ПК-2.2 Способен проводить апробацию результатов научно-исследовательской работы посредством публикации научных статей и участия в конференциях

## 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 ксенографтные, 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.