

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

УТВЕРЖДЕНО

**Директор физтех-школы
биологической и медицинской
физики**

Д.В. Кузьмин

	Рабочая программа дисциплины (модуля)
по дисциплине:	Современные наноматериалы для биомедицинских применений
по направлению:	Прикладные математика и физика
профиль подготовки:	Биофизика и инженерия в нанобиотехнологиях Физтех-школа Биологической и Медицинской Физики центр образовательных программ Физтех-школы биологической и медицинской физики
курс:	2
квалификация:	магистр

Семестр, формы промежуточной аттестации: 3 (осенний) - Экзамен

Аудиторных часов: 30 всего, в том числе:

лекции: 15 час.

семинары: 0 час.

лабораторные занятия: 15 час.

Самостоятельная работа: 75 час.

Подготовка к экзамену: 30 час.

Всего часов: 135, всего зач. ед.: 3

Программу составил: А.С. Дроздов, канд. хим. наук, преподаватель

Программа обсуждена на заседании центра образовательных программ Физтех-школы биологической и медицинской физики 28.12.2023

Аннотация

Дисциплина «Современные наноматериалы для биомедицинских применений» представляет собой изучение современных методов синтеза, характеристики и применения наноматериалов в медицине. В рамках программы студенты изучат основные принципы создания наноматериалов, их воздействие на биологические объекты, а также возможности использования наноматериалов для диагностики и лечения различных заболеваний. 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

- изучение основных принципов и методов синтеза, характеристики и применения наноматериалов в медицине. Ознакомление с современными технологиями создания наночастиц, наноструктур и нанокомпозитов для использования в диагностике, лечении и профилактике различных заболеваний. Развитие у студентов навыков работы с передовыми материалами и технологиями, обучение анализу и интерпретации полученных данных.

Задачи дисциплины

- изучение основных понятий наноматериалов и их применение в биомедицине;
- изучение и освоение основных методов синтеза наноматериалов для биомедицинских целей;
- исследование свойства и применения наночастиц различной природы в медицине;
- анализ возможности использования наночастиц в диагностике и терапии заболеваний и современное состояние вопроса;
- изучение потенциальных рисков и побочных эффектов применения наноматериалов в медицине;
- анализ актуальных исследований в области нанобиотехнологий для борьбы с инфекциями и онкологией;
- изучение влияния наноматериалов на клеточные процессы и механизмы биовзаимодействия *in vitro*, а также на живые системы;
- сравнение различных видов наночастиц и их эффективности в биомедицинских применениях;
- обзор перспективных направлений развития наномедицины и их потенциальное влияние на здоровье человека.

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-3 Способен организовывать и руководить работой команды, вырабатывая командную стратегию для достижения поставленной задачи	УК-3.4 Способен планировать командную работу, распределять поручения членам команды, организовать обсуждение разных идей и мнений
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

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:

- основные свойства и характеристики наноматериалов, используемых в биомедицине;
- методы синтеза, функционализации и модификации наноматериалов для биомедицинских целей;
- принципы взаимодействия наноматериалов с биологическими объектами (клетки, ткани, органы);
- потенциальные преимущества и риски использования наноматериалов в медицине;
- последние достижения и тенденции в области наномедицины;
- этические аспекты и нормативные требования к применению наноматериалов в медицине.

уметь:

- понимать основные принципы синтеза наноматериалов для биомедицинских целей;
- уметь синтезировать основные классы наночастиц;
- уметь покрывать наночастицы различными биополимерами и проводить конъюгацию с рядом веществ;
- уметь проводить характеризацию наноматериалов с помощью различных методов анализа;
- уметь оценивать потенциальные риски и преимущества использования наноматериалов в медицине;
- уметь разрабатывать новые методы применения наноматериалов для решения задач в биомедицине;
- знать основные правовые и этические аспекты использования наноматериалов в медицине;
- эффективно искать литературу и другую специальную информацию в избранной области науки;
- анализировать научные статьи по соответствующей теме.

владеть:

- знаниями о свойствах и применении наноматериалов в биомедицине;
- уверенно пользоваться протоколами синтеза, покрытия, конъюгации и характеризации наночастиц;
- умением оценивать потенциальные риски и преимущества использования наноматериалов в медицине;
- навыками работы с современным оборудованием для исследования и применения наноматериалов;
- умением анализировать полученные данные;
- умение применять полученные знания и навыки в практической деятельности.

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	Введение в биомедицинские материалы	2		3	10
2	Полимерные материалы, синтез и особенности	2		2	12
3	Наночастицы и нанолечения, синтез и особенности	2		2	10
4	Биопокрытия	2		2	10
5	Основы биологического взаимодействия материалов с биологическими системами	2		2	10
6	Биоэлектронные устройства и системы	2		2	12
7	Умные наноматериалы на пути к терапевтическим нанороботам	3		2	11
Итого часов		15		15	75
Подготовка к экзамену		30 час.			
Общая трудоёмкость		135 час., 3 зач.ед.			

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

Семестр: 3 (Осенний)

1. Введение в биомедицинские материалы

Общие сведения о научных направлениях в области разработки наночастиц и биомедицинских наноматериалов. История развития дисциплины, классы биоматериалов, Основные этапы исследований в данных направлениях, методики исследования биоматериалов *in vitro* и *in vivo*, требования, выдвигаемые к методикам биологических исследований, требования, выдвигаемые к биоприменимым материалам. Планирование жизненного цикла биоприменимых материалов.

2. Полимерные материалы, синтез и особенности

Понятие полимерного материала и молекулярной массы полимерных молекул. Основные методы синтеза полимеров, радикальная и ионная полимеризация. Особенности физико-химических параметров полимеров, определяемых особенностями их химического строения и пространственной структуры. Основные классы полимерных систем: термопласты, реактопласты, сополимеры, гидрогели. Полимерные соединения, применяемые в медицине и методики их получения. Перспективные классы полимеров, возможные пути их применения при создании функциональных биоматериалов.

3. Наночастицы и нанолечения, синтез и особенности

Наноразмерные объекты и особенности их физико-химических свойств. История развития биомедицинских наночастиц. Преимущества нанообъектов над малыми молекулами. Особенности поведения наночастиц в кровотоке и их взаимодействие с организмом. Основные классы биомедицинских наночастиц и методики их получения. Химические, физические и биологические подходы к синтезу наночастиц. наиболее распространенные типы наносистем, стратегии их применения.

4. Биопокрытия

Особенности взаимодействия биоматериалов с биологическими средами на границе раздела фаз. Подходы по модуляции взаимодействия искусственных объектов с биомолекулами и биосистемами. Химические и физические методы модификации поверхности биоматериалов и наночастиц путем создания ковалентных и нековалентных связей. Влияние покрытий на биологические свойства систем. Виды покрытий, методики и протоколы их создания. Антибактериальные покрытия и механизмы их работы.

5. Основы биологического взаимодействия материалов с биологическими системами

Основы механизмов взаимодействия синтетических объектов с биологическими системами и жидкостями. Белковая корона как основной фактор, влияющий на циркуляцию наночастиц в кровотоке, методы и подходы к ее изучению. Параметры, влияющие на взаимодействие чужеродных объектов с биосистемами. Окислительная деградация биоматериалов в организме. Современные методы исследования различных аспектов взаимодействия биосистем с биоматериалами. Феномен эриптоза как перспективный способ пролонгации времени циркуляции наночастиц в кровотоке.

6. Биоэлектронные устройства и системы

Окислительное-восстановительные реакции в биосистемах и возможные пути их применения для создания инновационных функциональных материалов. Имплантируемые биотопливные ячейки и перспективы их развития. Биомиметические и биогенные топливные ячейки, общее строение, особенности строения электродов в общем, а также биоактивных катодов и анодов. Электрохимические сенсоры на основе биоэлектродов: актуальные концепции и перспективы применения. Электропроводящие биоматериалы и вживляемые электроды.

7. Умные наноматериалы на пути к терапевтическим нанороботам

Основные компоненты нанобиороботов (НБР); транспортная система: классификация; тераностическая нагрузка: классификация и примеры реализации (преимущества, недостатки, ограничения); сенсорный блок: основные функции, виды стимулов, мультиплексность, сложные функции и логические устройства, биокомпьютинг; перспективы использования и нерешенные проблемы.

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

Литература предоставляется на базовой кафедре:

1. Смит, В.А. Основы современного органического синтеза [Текст]: уч. пособие для вузов / В.А. Смит, А.Д. Дильман - М.: Бином. Лаборатория знаний, 2009. - 750 с.
2. Джоуль, Дж. Химия гетероциклических соединений [Текст] (пер. с англ. языка) / Дж. Джоуль, К. Миллс - М.: Мир, 2004. - 728с. - ISBN 5-03-003461-7, 0-632-05453-0.
3. Lungu M. et al. Nanoparticles' promises and risks //Springer International Publishing Switzerland. – 2015.
4. Zhao Y., Shen Y. (ed.). Biomedical nanomaterials. – John Wiley & Sons, 2016.
5. Laskovski A. (ed.). Biomedical engineering: trends in materials science. – BoD–Books on Demand, 2011.
6. Ratner B. D. et al. Biomaterials science: an introduction to materials in medicine. – Elsevier, 2004.
7. Katz E. (ed.). Implantable bioelectronics. – John Wiley & Sons, 2014.

Дополнительная литература

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)

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)

Успешное освоение курса требует напряжённой самостоятельной работы студента. В программе курса приведено минимально необходимое время для работы студента над темой. Самостоятельная работа включает в себя:

- чтение и конспектирование рекомендованной литературы;
- проработку учебного материала (по конспектам лекций, учебной и научной литературе), подготовку ответов на вопросы, предназначенных для самостоятельного изучения, доказательство отдельных утверждений, свойств.

Руководство и контроль за самостоятельной работой студента осуществляется в форме индивидуальных консультаций. Для формирования умения применять теоретические знания на практике студенту необходимо решать как можно больше задач. В начале занятия, как правило, проводится короткий (10-15 минут) опрос по материалу прошедших занятий в устной или письменной форме. Важно добиться понимания изучаемого материала, а не механического его запоминания. При затруднении изучения отдельных тем, вопросов, следует обращаться за консультациями к лектору.

Промежуточный контроль знаний проводится в виде опросов, на которых студенту предлагается устно ответить на теоретический вопрос и решить две задачи по теме семинара. Студенты, успешно прошедшие все формы промежуточного контроля, допускаются к сдаче экзамена по дисциплине.

ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)

по направлению:	Прикладные математика и физика
профиль подготовки:	Биофизика и инженерия в нанобиотехнологиях Физтех-школа Биологической и Медицинской Физики центр образовательных программ Физтех-школы биологической и медицинской физики
курс:	<u>2</u>
квалификация:	магистр
Семестр, формы промежуточной аттестации: 3 (осенний) - Экзамен	
Разработчик:	А.С. Дроздов, канд. хим. наук, преподаватель

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-3 Способен организовывать и руководить работой команды, вырабатывая командную стратегию для достижения поставленной задачи	УК-3.4 Способен планировать командную работу, распределять поручения членам команды, организовать обсуждение разных идей и мнений
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
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 «Современные наноматериалы для биомедицинских применений» обучающийся должен:

знать:

- основные свойства и характеристики наноматериалов, используемых в биомедицине;
- методы синтеза, функционализации и модификации наноматериалов для биомедицинских целей;
- принципы взаимодействия наноматериалов с биологическими объектами (клетки, ткани, органы);
- потенциальные преимущества и риски использования наноматериалов в медицине;
- последние достижения и тенденции в области наномедицины;
- этические аспекты и нормативные требования к применению наноматериалов в медицине.

уметь:

- понимать основные принципы синтеза наноматериалов для биомедицинских целей;
- уметь синтезировать основные классы наночастиц;
- уметь покрывать наночастицы различными биополимерами и проводить конъюгацию с рядом веществ;
- уметь проводить характеризацию наноматериалов с помощью различных методов анализа;
- уметь оценивать потенциальные риски и преимущества использования наноматериалов в медицине;
- уметь разрабатывать новые методы применения наноматериалов для решения задач в биомедицине;
- знать основные правовые и этические аспекты использования наноматериалов в медицине;
- эффективно искать литературу и другую специальную информацию в избранной области науки;
- анализировать научные статьи по соответствующей теме.

владеть:

- знаниями о свойствах и применении наноматериалов в биомедицине;
- уверенно пользоваться протоколами синтеза, покрытия, конъюгации и характеризации наночастиц;
- умением оценивать потенциальные риски и преимущества использования наноматериалов в медицине;
- навыками работы с современным оборудованием для исследования и применения наноматериалов;
- умением анализировать полученные данные;
- умение применять полученные знания и навыки в практической деятельности.

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

Окислительно-восстановительные реакции.

ЭДС, уравнение Нэрнста.

Биокатоды и биоаноды.

Биологические субстраты для биотопливных ячеек.

Электрохимические биосенсоры. Особенности строения и их применение.

Тераностика.

Концепции и подходы.

Транспортная система, тераностическая нагрузка, сенсорный блок.

Логические операции и Булева алгебра в синтетических материалах.

Биокомпьютинг и его применение в биомедицинских целях.

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

1. Понятие биоматериалов, их применение и особенности. Пайплайн разработки биоматериала.
2. Исследование токсичности биоматериалов. Основные методики исследования токсичности *in vitro* и *in vivo* и их применимость.
3. Методы стерилизации биоматериалов и их применимость для различных классов веществ.
4. Полимеры, основные классы, особенности их строения. Средневесовая и среднечисловая молекулярные массы полимера.
5. Ионная и радикальная полимеризации. Механизм процессов полимеризации, особенности протекания реакции. Основные типы полимерных молекул и методики их получения.
6. Гидрогели как перспективный класс биоматериалов. Особенности строения, возможности функционализации и стимул-зависимые процессы.
7. Наночастицы и нанолечения. Основные преимущества и недостатки.
8. Типы наночастиц, применяемых в биомедицине. Основные классы и методики получения. Top-down и bottom-up подходы.
9. Магнитные наночастицы. Особенности их свойств, обусловленные их размером, применение в медицине.
10. Процессы, проходящие на поверхности раздела фаз. Биопокртия, их свойства и применение.

11. Основные методы и подход по модификации поверхности наночастиц. Ковалентные и нековалентные методики связывания с поверхностью.
12. Антибактериальные покрытия.
13. Белковая корона, модели формирования, ее влияние на биологические свойства биомедицинских материалов и методы изучения.
14. Особенности взаимодействия наночастиц с организмом. Параметры, влияющие на взаимодействие наночастиц с биологическими системами и время их циркуляции.
15. Методы пролонгации времени циркуляции наночастиц в кровотоке.
16. Деградация биоматериалов в организме.

Примеры билетов:

Билет 1.

1. Понятие биоматериалов, их применение и особенности. Пайплайн разработки биоматериала.
2. Исследование токсичности биоматериалов. Основные методики исследования токсичности *in vitro* и *in vivo* и их применимость.

Билет 2.

1. Основные методы и подход по модификации поверхности наночастиц. Ковалентные и нековалентные методики связывания с поверхностью.
2. Антибактериальные покрытия.

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 недочётами.

Оценка "хорошо" (7 баллов) выставляется студенту, если он твёрдо 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 твёрдо 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.