

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

УТВЕРЖДЕНО

**Директор физтех-школы
природоподобных, плазменных и
ядерных технологий им. И.В.**

Курчатова

Т.Е. Григорьев

Рабочая программа дисциплины (модуля)

по дисциплине:	Биосовместимые и биоразлагаемые полимерные материалы и композиты
по направлению:	Прикладные математика и физика
профиль подготовки:	Природоподобные технологии и биомиметический дизайн материалов и систем Физтех-школа природоподобных, плазменных и ядерных технологий им. И.В. Курчатова кафедра нано-, био-, информационных и когнитивных технологий
курс:	2
квалификация:	магистр

Семестр, формы промежуточной аттестации: 3 (осенний) - 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

Программу составил: Т.Е. Григорьев, канд. физ.-мат. наук, доцент

Программа обсуждена на заседании кафедры нано-, био-, информационных и когнитивных технологий
31.03.2025

Аннотация

Регенеративная медицина и тканевая инженерия – одно из приоритетных направлений развития современной медицины. Это наиболее быстро развивающаяся отрасль медицинской науки и высоких технологий, которая направлена на создание живой ткани для восстановления функций органа, потерявшего дееспособность из-за травмы, заболевания или старения. Она базируется на использовании клеточных механизмов восстановления, а важнейшей составляющей ее технологической базы являются имплантируемые биоискусственные системы. Регенеративная медицина способна заменить трансплантацию человеческих донорских органов имплантацией биоискусственных систем, содержащих клеточные культуры, развивающиеся на объемном трехмерно структурированном биосовместимом носителе – матриксе искусственного происхождения, обладающем необходимой структурой. Регенеративная медицина является ярким примером стирания граней между фундаментальными и прикладными исследованиями, взаимодействия различных научных дисциплин.

Матрицы для регенеративной медицины в настоящее время представлены как природными внеклеточными матриксами, получаемыми децеллюляризацией нативных тканей и органов, так и искусственными матриксами на основе композиционных и полимерных материалов различной природы. Несмотря на значительное количество работ в данной области, разработка технологий получения матриц с комплексом заданных свойств является актуальным направлением.

Развитие таких подходов создания гибридных материалов для биоискусственных систем невозможно без установление взаимосвязи между методами их получения, структуры и свойств. Это возможно осуществить только с применением современных методов синхротронного и нейтронного излучения. Вместе с тем многие классические методики в этой области не применимы для биологических объектов и клеточных систем, что требует разработки новых подходов и методик.

В настоящее время разработано много биоискусственных скаффолдов, которые достаточно эффективно поддерживают рост соединительной и костной тканей, кожи. Однако функциональность таких тканевых эквивалентов зачастую не адекватна ткани организма пациента. Причина состоит в ключевом отличии отсутствии иннервации. Для биоподобного развития многих клеточных культур – миоцитов, нейронов, требуется разработка скаффолдов, которые позволяют направленно их стимулировать электрическими импульсами. Кроме того, для решения задачи совмещения нервной системы человека и биоробототехнических протезов, а также лечения ряда заболеваний нервной системы, требуется создание нейроинтерфейсов. Это приводит к необходимости разработки биоподобных иннервированных материалов. Задача разработки таких скаффолдов решается созданием гибридных материалов, включающих в себя как проводящие органические полимерные и неорганические элементы, так биосовместимые и биоразлагаемые полимерные структуры, которые будут обеспечивать интеграцию нейроинтерфейса в организм. Структура надмолекулярного упорядочения будет оказывать значительное влияние как на физико-механические свойства полимерных материалов, так и на их биофункциональность – проводимость, срок биодegradации и т.д.

1. Цели и задачи

Цель дисциплины

- освоение студентами базовых представлений в науке о полимерах, видах и свойствах биосовместимых полимеров и материалов, методов получения и тестирования медицинских изделий на основе полимеров.

Задачи дисциплины

- формирование базовых знаний о свойствах биосовместимых и биоразлагаемых полимеров, изучение базовых методик для исследования их свойств;
- формирование базовых знаний о свойствах биосовместимых полимерных материалов.

2. Перечень формируемых компетенций

Освоение дисциплины направлено на формирование следующих компетенций:

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции
ОПК-5 Способен и готов к повышению квалификации, профессиональному росту и руководству коллективом в сфере своей	ОПК-5.2 Владеет навыком руководства малым коллективом в сфере своей профессиональной деятельности

профессиональной деятельности, толерантно воспринимая социальные, этнические, конфессиональные и культурные различия	ОПК-5.3 Стремится к получению новых знаний, профессиональному и личностному росту
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 науки о полимерах;
- свойства различных типов полимерных систем;
- порядки численных величин, характерные для физических свойств полимеров и композитов;
- основные методы применения исследования полимеров;
- теоретические принципы, лежащие в основе представлений полимерной цепи.

уметь:

- определять молекулярные характеристики, физико-механические, теплофизические свойства полимеров;
- выбирать оптимальные эффективные методы формования различных полимеров и композитов;
- эффективно использовать современные информационные технологии и ресурсы для получения необходимых знаний по интересующей научной проблеме в науке о полимерах.

владеть:

- специальной терминологией в области высокомолекулярных соединений;
- основными методами анализа свойств полимеров и композитов;
- методиками построения моделей к описанию высокомолекулярных соединений.

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.	3			3
2	Методы характеристики и исследования полимеров.	3			3
3	Биосовместимость.	3			1
4	Коллаген.	3			2
5	Системы доставки лекарств.	3			2
6	Полиэлектролиты.	3			2
7	Классификация полисахаридов.	3			2
8	Полигидроксиалканоаты.	3			2
9	Полилактиды.	2			2
10	Материалы для тканевой инженерии.	1			2
11	Биомеханическое поведение материалов для биомедицинских применений.	1			3
12	Регенеративная медицина и медицинские изделия.	1			3

13	Тестирование и регистрация медицинских изделий.	1			3
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: 3 (Осенний)

1. Введение.

Основные определения и характеристики в химии высокомолекулярных соединений. Конфигурация и конформация макромолекул. Полимеры: основные определения. Основные типы макромолекул. Виды биоразлагаемых высокомолекулярных соединений (природных и синтетических). Агрегатные и фазовые состояния полимеров. Молекулярно-массовые характеристики. Методы определения молекулярных масс. Размеры и форма макромолекул. Идеальные цепи. Конфигурация и конформация макромолекул.

2. Методы характеристики и исследования полимеров.

Спектральные методы исследования полимеров. Структурные методы исследования полимеров. Микроскопия (оптическая, электронная, акустическая) исследования полимеров. Методы определения молекулярно-массового распределения, молекулярной массы полимеров. Теплофизические методы исследования полимеров.

3. Биосовместимость.

Биосовместимость: как оценивается, как зависит от морфологии материала. Требования к материалам биомедицинского назначения.

4. Коллаген.

Состав и типы коллагенов. Гликозаминогликаны, гликопротеины, функциональные белки. Надмолекулярная структура и микроструктура коллагеновых волокон. Распределение коллагена в тканях. Физико-механические свойства коллагеновых матриц.

5. Системы доставки лекарств.

Дендримеры и сверхразветвленные макромолекулы.

Типы, назначение и размеры носителей лекарственных средств. Липосомы и полиэлектролитные капсулы как основа лекарственной формы: получение, загрузка лекарствами, применение. Наночастицы на основе биоразлагаемых полимеров: получение, загрузка лекарствами, применение. Дендримеры и сверхразветвленные полимеры как основа лекарственной формы: получение, загрузка лекарствами, применение.

6. Полиэлектролиты.

Виды полиэлектролитов. В чем отличия полиэлектролитов от низкомолекулярных электролитов. Кривые титрования полиэлектролитов. Конформация макромолекул полиэлектролитов, полиэлектролитное набухание. Осмотическое давление раствора полиэлектролита. Изoeлектрическая и изоионная точка полиамфолитов.

7. Классификация полисахаридов.

Функции соли сахаридов во внеклеточном матриксе. Биологическая активность полисахаридов. Биоразложение полисахаридов. Физико-химические и свойства полисахаридов.

8. Полигидроксиалканоаты.

Классификация полигидроксиалканоатов. Биосинтез и выделение полигидроксиалканоатов. Биodeградация полигидроксиалканоатов. Физико-механические свойства полигидроксиалканоатов.

9. Полилактиды.

Наночастицы для доставки лекарств.

Классификация полилактонов. Синтез и молекулярная структура полилактонов. Биоразложение полилактонов. Физико-химические и физико-механические свойства полилактонов.

10. Материалы для тканевой инженерии.

Децеллюляризированные матриксы.

Получение, состав и структура децеллюляризированных матриксов. Биосовместимость децеллюляризированных матриксов. Физико-механические свойства децеллюляризированных матриксов. Биodeградация децеллюляризированных матриксов.

11. Биомеханическое поведение материалов для биомедицинских применений.

Биомеханическая совместимость материалов. Особенности механического поведения нативных тканей, децеллюляризированных матриксов. Влияние упругих характеристик матриксов на адгезию, дифференцировку клеточных культур. Механизмы взаимодействия клетки с матриксом. Микромеханические свойства матриксов.

12. Регенеративная медицина и медицинские изделия.

Подходы к созданию функциональных медицинских изделий. Влияние структуры и морфологии на функциональные свойства медицинских изделий.

Концепция регенеративной медицины. Матриксы для регенеративной медицины: натуральные и биоискусственные. Влияние структуры, состава и морфологии на функциональные свойства матриксов для регенеративной медицины. Методы получения матриксов для регенеративной медицины.

13. Тестирование и регистрация медицинских изделий.

Требования, предъявляемые к медицинским изделиям. Классификация медицинских изделий. Порядок и состав доклинических испытаний. Технические испытания медицинских изделий. Клинические испытания. Медицинская техника. Регистрационное досье медицинского изделия. Требования к производственной площадке.

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

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

6.Перечень рекомендуемой литературы

Основная литература

1. А.Ю. Гросберг, А.Р. Хохлов, “Физика в мире полимеров”, библиотечка “Квант”, Москва, Наука, 1989.
2. С.И. Кучанов, А.Р. Хохлов, “Лекции по физической химии полимеров”, Москва, Мир, 2000.

Дополнительная литература

Фонд литературы кафедры

1. A.Yu. Grosberg, A.R. Khokhlov, “Giant molecules: here, there and everywhere”, New York, NY Academic Press, 1997.
2. M. Rubinstein, R. Colby, “Polymer Physics”, Oxford University Press, 2003.
3. Taherian, R, Kausar, A Electrical Conductivity in Polymer-Based Composites: Experiments, Modelling, and Applications, ELSEVIER SCIENCE BV, 2019
4. Swain, SK; Jawaid, M, NANOSTRUCTURED POLYMER COMPOSITES FOR BIOMEDICAL APPLICATIONS, ELSEVIER, 2019
5. Nasar, A (Nasar, A) SMART POLYMERS AND COMPOSITES, MATERIALS RESEARCH FORUM LLC, 2018

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

1. <http://ctem.web.cmu.edu/>
2. www.matter.org.uk/tem/
3. <http://www.cmca.uwa.edu.au/access/training>
4. <http://www.microscopy.info/Microscopy/Guide>
5. database.iem.ac.ru/mincryst/descript.htm
6. www.crystallography.net
7. <http://lib.mipt.ru>— электронная библиотека Физтеха.
8. <http://www.Sci-lib.com> – Большая научная библиотека.

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. В процессе самостоятельной работы обучающихся возможно использование таких программных средств как Mathcad, Matlab для решения физических задач и моделирования изучаемых процессов на компьютере.

9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)

Для успешного освоения курса, помимо посещения лекций, от студентов требуется самостоятельная работа в объеме не менее чем те часы, которые указаны для каждого раздела программы. В основном, это время отводится на самостоятельное повторение материала лекций, чтения рекомендованной литературы и подготовку к промежуточным тестированиям, которые проводятся для текущего контроля за усвоением материала. Всего предполагается провести за семестр одну промежуточную контрольную, а также ряд проверочных работ. Студенты, успешно прошедшие данную форму промежуточного контроля, допускаются к сдаче экзамена по дисциплине.

ПРИЛОЖЕНИЕ

ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)

по направлению:	Прикладные математика и физика
профиль подготовки:	Природоподобные технологии и биомиметический дизайн материалов и систем Физтех-школа природоподобных, плазменных и ядерных технологий им. И.В. Курчатова кафедра нано, био, информационных и когнитивных технологий
курс:	<u>2</u>
квалификация:	магистр
Семестр, формы промежуточной аттестации: 3 (осенний) - Экзамен	
Разработчик:	Т.Е. Григорьев, канд. физ.-мат. наук, доцент

1. Компетенции, формируемые в процессе изучения дисциплины

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции
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-5.2 Владеет навыком руководства малым коллективом в сфере своей профессиональной деятельности
	ОПК-5.3 Стремится к получению новых знаний, профессиональному и личностному росту
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 «Биосовместимые и биоразлагаемые полимерные материалы и композиты» обучающийся должен:

знать:

- основные понятия науки о полимерах;
- свойства различных типов полимерных систем;
- порядки численных величин, характерные для физических свойств полимеров и композитов;
- основные методы применения исследования полимеров;
- теоретические принципы, лежащие в основе представлений полимерной цепи.

уметь:

- определять молекулярные характеристики, физико-механические, теплофизические свойства полимеров;
- выбирать оптимальные эффективные методы формования различных полимеров и композитов;
- эффективно использовать современные информационные технологии и ресурсы для получения необходимых знаний по интересующей научной проблеме в науке о полимерах.

владеть:

- специальной терминологией в области высокомолекулярных соединений;
- основными методами анализа свойств полимеров и композитов;
- методиками построения моделей к описанию высокомолекулярных соединений.

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

В целях текущего контроля успеваемости предусмотрен краткий опрос по темам предыдущих занятий по теме прошлой лекции или в конце занятия по пройденной теме.

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

1. Полимеры: основные определения.
2. Методы характеристики и исследования полимеров.
3. Коллаген. Состав и типы коллагенов.
4. Основные определения и характеристики в химии высокомолекулярных соединений. Конфигурация и конформация макромолекул.
5. Системы доставки лекарств.
6. Наночастицы на основе биоразлагаемых полимеров: получение, загрузка лекарствами, применение.
7. Физико-механические свойства коллагеновых матриц.

8. Регенеративная медицина и медицинские изделия.

9. Биомеханическое поведение материалов для биомедицинских применений.

Биомеханическая совместимость материалов

10. Требования, предъявляемые к медицинским изделиям. Классификация медицинских изделий.

11. Материалы для тканевой инженерии.

12. Технические испытания медицинских изделий. Клинические испытания. Медицинская техника. Регистрационное досье медицинского изделия. Требования к производственной площадке.

Примеры билетов:

Билет №1

1. Физико-механические свойства коллагеновых матриц.

2. Материалы для тканевой инженерии.

Билет №2

1. Методы характеристики и исследования полимеров.

2. Наночастицы на основе биоразлагаемых полимеров: получение, загрузка лекарствами, применение.

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

При проведении экзамена обучающемуся предоставляется 40 минут на подготовку. Опрос обучающегося по билету на экзамене не должен превышать двух астрономических часов.

Во время проведения экзамена обучающиеся могут пользоваться программой дисциплины, конспектами лекций, а также любой справочной литературой.