

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования



**Пермский национальный исследовательский
политехнический университет**

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной работе

 Н.В.Лобов

« 17 » февраля 20__ г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Дисциплина: Хемомеханика биомиметических материалов
(наименование)

Форма обучения: очная
(очная/очно-заочная/заочная)

Уровень высшего образования: магистратура
(бакалавриат/специалитет/магистратура)

Общая трудоёмкость: 108 (3)
(часы (ЗЕ))

Направление подготовки: 01.04.02 Прикладная математика и информатика
(код и наименование направления)

Направленность: Хемобиодинамика и биоинформатика
(наименование образовательной программы)

1. Общие положения

1.1. Цели и задачи дисциплины

Цель учебной дисциплины – формирование основополагающих представлений о биомиметических материалах и их свойствах. Морфогенез и дифференцированный рост живых тканей, начиная от листьев растений, цветов и заканчивая эпителиальными тканями человека, побуждают значительный интерес к созданию искусственных материалов с аналогичными свойствами, способных к существенным изменениям формы при воздействии внешних стимулов, таких как температура, свет, влажность или химическая реакция. Такие материалы получили название биомиметиков. Таким образом, механика биомиметических материалов формирует новое научное направление на стыке механики деформируемого твердого тела, теории эластичности и физики жидких кристаллов, которое и составляет содержание данного учебного курса. Курс нацелен на формирование системы представлений о биомиметиках вообще, так и конкретной их разновидности – хемомеханических биомиметических материалах, деформации в которых вызываются под действием протекающих химических реакций. Программа курса предполагает знакомство с теоретическими и вычислительными методами исследований в рамках хемомеханики биомиметических материалов, умение конструировать математические модели для таких систем и проводить их теоретический анализ, а также уметь интерпретировать имеющиеся экспериментальные данные, проводить сравнение с результатами моделирования. Содержание курса направлено также на формирование у студентов современного естественнонаучного мировоззрения, развитие научного мышления и расширение их научно-технического кругозора.

В результате изучения дисциплины обучающийся должен знать основные термины, классификации и законы физики биомиметических материалов и активных сред; изучить методы и подходы физики биомиметических материалов для объяснения явлений и процессов, происходящих в активных бионических средах, имитирующих поведение живой материи; овладеть практическими навыками использования математического аппарата теории жидких кристаллов и физики деформируемого твердого тела при решении задач по описанию свойств биомиметических материалов и активных сред, имитирующих живую ткань.

1.2. Изучаемые объекты дисциплины

Предметом освоения дисциплины являются: основные положения и методология физики биомиметических материалов и активных сред, имитирующих поведение живой ткани.

1.3. Входные требования

Дисциплина «Хемомеханика биомиметических материалов» опирается на основные знания и представления физики жидких кристаллов и механики деформируемого твердого тела; использует методы прикладной математики и информатики для описания свойств искусственных материалов, имитирующих поведение живой ткани. Подготовка по дисциплине даёт возможность получить теоретическую базу и практические навыки использования компьютерных технологий для математического моделирования динамического поведения биомиметиков под воздействием внешних сигналов. Знакомит с методами и подходами теории хемомеханических эластомеров по проектированию, изготовлению и использованию микро-робототехнических систем, основанных на принципах функционирования биомиметических материалов.

Для успешного освоения дисциплины «Хемомеханика биомиметических материалов» обучающийся использует знания, умения и навыки, сформированные при изучении следующих дисциплин учебной программы и завершает формирование соответствующих компетенций:

1. Непрерывные математические модели
2. Дискретные математические модели
3. Введение в синергетику
4. Физико-химическая гидродинамика

2. Планируемые результаты обучения по дисциплине

Компетенция	Индекс индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть)	Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения	Средства оценки
ПК-1.5	ИД-1ПК-1.5	Знает базовые подходы и методы для описания сложных систем и принципы структурообразования в природе; основные механизмы деформации в жидких кристаллах; основные механизмы коллективного роста многоклеточных систем, механические свойства живой ткани; основные механизмы самоорганизации в системах с самосборкой; способы теоретического описания биомиметических материалов, имитирующих поведение живых систем; основные алгоритмы, используемые для математического моделирования поведения хемомеханических эластомеров; ключевые достижения и современные тенденции в проектировании и изготовлении микро-робототехнических систем из биомиметических материалов.	Знает классические результаты и последние достижения в механике жидкости, физико-химической гидродинамике, геномики и биоинформатике;	Зачет

Компетенция	Индекс индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть)	Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения	Средства оценки
ПК-1.5	ИД-2ПК-1.5	Умеет получать и грамотно использовать информацию из научной литературы по физике биомиметических материалов и бионике; применять методы и подходы механики деформируемого твердого тела для проведения компьютерного моделирования поведения биомиметических систем; разрабатывать новые программы, используемые для решения задач в области моделирования систем, имитирующих поведение живой ткани.	Умеет обосновывать выбор и творчески применять современные методы математического моделирования объектов и процессов на стыке механики жидкости, химии, биологии и информатики;	Зачет
ПК-1.5	ИД-3ПК-1.5	Владеет практическими методами программирования, используемых при математическом моделировании динамического поведения биомиметических материалов под действием внешних сигналов; практическими методами использования имеющихся компьютерных программ для описания поведения бионических структур.	Владеет навыками разработки и анализа новых математических моделей сложных систем и процессов для междисциплинарных задач, сформулированных на стыке механики жидкости, химии, биологии и информатики.	Зачет

3. Объем и виды учебной работы

Вид учебной работы	Всего часов	Распределение по семестрам в часах
		Номер семестра
		2
1. Проведение учебных занятий (включая проведение текущего контроля успеваемости) в форме:	54	54
1.1. Контактная аудиторная работа, из них:		
- лекции (Л)	16	16
- лабораторные работы (ЛР)		
- практические занятия, семинары и (или) другие виды занятий семинарского типа (ПЗ)	36	36
- контроль самостоятельной работы (КСР)	2	2
- контрольная работа		
1.2. Самостоятельная работа студентов (СРС)	54	54
2. Промежуточная аттестация		
Экзамен		
Дифференцированный зачет		
Зачет	9	9
Курсовой проект (КП)		
Курсовая работа (КР)		
Общая трудоемкость дисциплины	108	108

4. Содержание дисциплины

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
2-й семестр				
Понятие о сложных самоорганизующихся системах	2	0	2	4
Миллиарды лет эволюции в природе создали оптимальные живые конструкции, которые превосходят по эффективности и долговечности конструкции, созданные человеком. Роль природы как источнике вдохновения для естествознания и технологических приложений. Изучение конструкций живой материи, изучение механизмов их формирования в рамках многоуровневых моделей.				

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
Жидкие кристаллы, нематики и эластомеры	4	0	8	12
Развитие теории жидких кристаллов и физики полимеров привело к созданию жидкокристаллических эластомеров, под которыми понимается сплошная среда, обладающая одновременно вязко-эластичными свойствами полимеров и анизотропией жидких кристаллов. Идея об искусственных мышцах, предложенная Де Женом, и подходы по синтезу материалов из полимерных цепей со встроенными мезогенными структурами, которые сочетают ориентационные свойства жидких кристаллов со сдвиговой прочностью твердых тел. Особенность нематических эластомеров: сильная связь между ориентацией директора и механическими деформациями, которыми можно управлять с помощью различных физических и/или химических агентов. Фазовые переходы из изотропного в нематическое состояние, и наоборот, приводящие к неоднородной деформации, появлению неустойчивостей, гауссовой кривизны, гистерезису и бистабильности. Разработка создания трехмерных самоорганизующихся структур в эластомерах в результате взаимодействий между химическими трансформациями, механическими деформациями, изменением ориентационного порядка и оказываемого внешнего воздействия.				
Активная среда многоклеточной живой ткани	4	0	10	16
Многоуровневая хемомеханическая модель динамики клеток эпителия, координирующих свою эволюцию посредством обмена химическими и механическими сигналами. Эластичность ткани, способность сжиматься и менять свою форму. Включение индивидуальной динамики отдельных клеток, которая учитывает возможность эластичного отклика под действием давления со стороны среды. Механические взаимодействия между клетками в рамках групповой динамики. Возможность деления и интеркаляции (перемещения в ткани) клеток. Коллективное поведение клеток, рассматриваемых как сложная система. Химический эффект от механического сдавливания клеток соседями, химически вызываемая поляризация клеток, а также взаимодействие поляризованных клеток.				
Понятие о бионике и биомиметических материалах	2	0	8	10
Разработка новых материалов, которые имитируют свойства биоматериалов и живой ткани и используют важные принципы, реализованные в				

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
живой природе ("биомиметиков" или биомиметических материалов). Экспериментальные технологии, позволяющие манипулировать материей в масштабах клетки или даже молекулы. Основные принципы конструирования новых биомиметических материалов. Эластомеры, гели, материалы с программируемой деформацией, принципы создания и современные технологии. Системы с самосборкой.				
Микроскопическая робототехника	4	0	8	12
Приложение биомиметиков и хемоэластомеров в микро-робототехнике: микропловцы, микроползуны и другие микророботы, которые перемещаются в среде за счет деформации формы, которая происходит благодаря энергетике среды, в которой робот перемещается.				
ИТОГО по 2-му семестру	16	0	36	54
ИТОГО по дисциплине	16	0	36	54

Тематика примерных практических занятий

№ п.п.	Наименование темы практического (семинарского) занятия
1	Структурообразование в живой природе
2	Аналитическое и численное исследование структуры нематического жидкого кристалла с различными граничными условиями
3	Расчет деформаций хемомеханического нематического эластомера с однородной структурой при наличии ограничений степеней свободы
4	Численный расчет деформаций хемомеханического нематического эластомера при наличии дисклинаций в нематической структуре и генерирование форм с Гауссовой кривизной
5	Математическое моделирование микроробота различных конфигураций для перемещения в жидкости при $Re \ll 1$.
6	Аналитическое и численное исследование структуры нематического жидкого кристалла с различными граничными условиями

5. Организационно-педагогические условия

5.1. Образовательные технологии, используемые для формирования компетенций

Проведение лекционных занятий по дисциплине основывается на активном методе обучения, при котором учащиеся не пассивные слушатели, а активные участники занятия, отвечающие на вопросы преподавателя. Вопросы преподавателя нацелены на активизацию процессов усвоения материала, а также на развитие логического мышления. Преподаватель заранее намечает список вопросов, стимулирующих ассоциативное мышление и установление связей с ранее освоенным материалом.

Практические занятия проводятся на основе реализации метода обучения действием: определяются проблемные области, формируются группы. При проведении практических занятий преследуются следующие цели: применение знаний отдельных дисциплин и творческих методов для решения проблем и принятия решений; отработка у обучающихся навыков командной работы, межличностных коммуникаций и развитие лидерских качеств; закрепление основ теоретических знаний.

При проведении учебных занятий используются интерактивные лекции, групповые дискуссии, ролевые игры, тренинги и анализ ситуаций и имитационных моделей.

5.2. Методические указания для обучающихся по изучению дисциплины

При изучении дисциплины обучающимся целесообразно выполнять следующие рекомендации:

1. Изучение учебной дисциплины должно вестись систематически.
2. После изучения какого-либо раздела по учебнику или конспектным материалам рекомендуется по памяти воспроизвести основные термины, определения, понятия раздела.
3. Особое внимание следует уделить выполнению отчетов по практическим занятиям, лабораторным работам и индивидуальным комплексным заданиям на самостоятельную работу.
4. Вся тематика вопросов, изучаемых самостоятельно, задается на лекциях преподавателем. Им же даются источники (в первую очередь вновь изданные в периодической научной литературе) для более детального понимания вопросов, озвученных на лекции.

6. Перечень учебно-методического и информационного обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

6.1. Печатная учебно-методическая литература

№ п/п	Библиографическое описание (автор, заглавие, вид издания, место, издательство, год издания, количество страниц)	Количество экземпляров в библиотеке
1. Основная литература		
1	Карасев В. А. Введение в конструирование бионических наносистем : монография / В. А. Карасев, В. В. Лучинин. - Москва: Физматлит, 2011.	1
2	Механика миниатюрных роботов / В. Г. Градецкий [и др.]. - Москва: Наука, 2010.	1
3	Порозова С. Е. Введение в супрамолекулярную химию : учебное пособие / С. Е. Порозова. - Пермь: Изд-во ПНИПУ, 2012.	5
4	Фахльман Б. Д. Химия новых материалов и нанотехнологии : учебное пособие для университетов : пер. с англ. / Б. Д. Фахльман. - Долгопрудный: Интеллект, 2011.	8
2. Дополнительная литература		

2.1. Учебные и научные издания		
1	Кинетика химических реакций в жидких кристаллах / В. А. Батюк [и др.]. - Москва: , ВИНТИ, 1990. - (Кинетика и катализ; Т. 21).	1
2	Клеман М. Основы физики частично упорядоченных сред : жидкие кристаллы, коллоиды, фрактальные структуры, полимеры и биологические объекты : пер. с англ. / М. Клеман, О. Д. Лаврентович. - М.: Физматлит, 2007.	1
3	Няшин Ю. И. Основы биомеханики : учебное пособие / Ю. И. Няшин, В. А. Лохов. - Пермь: Изд-во ПГТУ, 2008.	71
2.2. Периодические издания		
1	Вестник ПНИПУ. Прикладная математика и механика / Пермский национальный исследовательский политехнический университет ; А. И. Цаплина. - Пермь: Изд-во ПНИПУ, 2012 - .	
2	Российский журнал биомеханики / Российская академия наук, Уральское отделение ; Пермский научный центр ; Российская академия медицинских наук ; Пермский край. Администрация ; Пермский государственный технический университет ; Пермский национальный исследовательский политехнический университет ; Под ред. Ю. И. Няшина. - Пермь: Изд-во ПГТУ, 1997 - .	
2.3. Нормативно-технические издания		
	Не используется	
3. Методические указания для студентов по освоению дисциплины		
	Не используется	
4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студента		
	Не используется	

6.2. Электронная учебно-методическая литература

Вид литературы	Наименование разработки	Ссылка на информационный ресурс	Доступность (сеть Интернет / локальная сеть; авторизованный / свободный доступ)
Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов	Физическая химия наноматериалов: учебное пособие [Электронный ресурс] / Я.А. Верещагина. – Казань: Казан. ун-т, 2016. - 120 с.	https://dspace.kpfu.ru/xmlui/bitstream/handle/net/108104/Ucheb_posobie_FHNM_elektronnoe.pdf?sequence=1&isAllowed=y	сеть Интернет; свободный доступ

6.3. Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение, используемое при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

Вид ПО	Наименование ПО
Операционные системы	MS Windows XP (подп. Azure Dev Tools for Teaching до 27.02.2022)
Офисные приложения.	Microsoft Office Professional 2007. лиц. 42661567

6.4. Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы, используемые при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

Наименование	Ссылка на информационный ресурс
База данных Scopus	https://www.scopus.com/
База данных Springer Nature e-books	http://link.springer.com/ http://jwww.springerprotocols.com/ http://materials.springer.com/ http://zbmath.org/ http://npg.com/
База данных Web of Science	http://www.webofscience.com/
База данных научной электронной библиотеки (eLIBRARY.RU)	https://elibrary.ru/
Научная библиотека Пермского национального исследовательского политехнического университета	http://lib.pstu.ru/
Электронно-библиотечная система Лань	https://e.lanbook.com/
Электронно-библиотечная система IPRbooks	http://www.iprbookshop.ru/
Информационные ресурсы Сети КонсультантПлюс	http://www.consultant.ru/

7. Материально-техническое обеспечение образовательного процесса по дисциплине

Вид занятий	Наименование необходимого основного оборудования и технических средств обучения	Количество единиц
Лекция	Лекционная аудитория, оборудованная электронным проектором и экраном	1
Практическое занятие	Персональные компьютеры (локальная компьютерная сеть)	4

8. Фонд оценочных средств дисциплины

Описан в отдельном документе
