

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



**Пермский национальный исследовательский
политехнический университет**

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по образовательной
деятельности

 А.Б. Петроченков

« 22 » февраля 20 23 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	<p>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.</p>	<p>Знает классические результаты и последние достижения в механике жидкости, физико-химической гидродинамике, геномики и биоинформатике;</p>	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	<p>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.</p>	<p>Умеет обосновывать выбор и творчески применять современные методы математического моделирования объектов и процессов на стыке механики жидкости, химии, биологии и информатики;</p>	Зачет
ПК-1.5	ИД-3ПК-1.5	<p>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.</p>	<p>Владеет навыками разработки и анализа новых математических моделей сложных систем и процессов для междисциплинарных задач, сформулированных на стыке механики жидкости, химии, биологии и информатики.</p>	Зачет

3. Объем и виды учебной работы

Вид учебной работы	Всего часов	Распределение по семестрам в часах	
		Номер семестра	
		1	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 27.03.2022)
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

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
**«Пермский национальный исследовательский политехнический
университет»**

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ
(приложение к рабочей программе дисциплины)

Дисциплина: Хемомеханика биомиметических материалов

Форма обучения: очная

Уровень высшего образования: магистратура

Общая трудоёмкость: 108 ч (3 ЗЕ)

Направление подготовки: 01.04.02 Прикладная математика и информатика

Профиль программы: Хемобиодинамика и биоинформатика

Выпускающая кафедра: Прикладной физики

Курс: 1 **Семестр:** 2

Виды контроля с указанием семестра: Зачет, 2

Пермь 2023

Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине является частью (приложением) к рабочей программе дисциплины. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине разработан в соответствии с общей частью фонда оценочных средств для проведения промежуточной аттестации основной образовательной программы, которая устанавливает систему оценивания результатов промежуточной аттестации и критерии выставления оценок. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине устанавливает формы и процедуры текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине.

1. Перечень формируемых частей компетенций, этапы их формирования и контролируемые результаты обучения

1.1. Формируемые части компетенций

Согласно КМВ ОПОП учебная дисциплина Б1.ДВ.01.1 «Хемомеханика биомиметических материалов» (элективные дисциплины) участвует в формировании компетенций **ПК-1.5**:

- способность ставить и решать междисциплинарные задачи математического моделирования объектов и процессов на стыке механики жидкости, химии, биологии и информатики.

1.2. Этапы формирования дисциплинарных частей компетенций, объекты оценивания и виды контроля

Согласно РПД освоение учебного материала дисциплины запланировано в течение одного семестра (2-го семестра базового учебного плана) и разбито на 5 учебных модулей. В каждом модуле предусмотрены аудиторские практические занятия, а также самостоятельная работа студентов. В рамках освоения учебного материала дисциплины формируются компоненты дисциплинарных компетенций *знать, уметь, владеть*, указанные в РПД, и которые выступают в качестве контролируемых результатов обучения (табл. 1.1).

Контроль уровня усвоенных знаний, усвоенных умений и приобретенных владений осуществляется в рамках текущего, рубежного и промежуточного контроля при изучении теоретического материала, сдаче отчетов по практическим занятиям и индивидуальным работам. Виды контроля сведены в таблицу 1.1.

Таблица 1.1. Перечень контролируемых результатов обучения по дисциплине

Контролируемые результаты освоения дисциплины (ЗУВы)	Вид контроля					
	Текущий		Рубежный			Промежуточный
	С	ПЗ	КР	ИЗ	ОПЗ	Зачет
Усвоенные знания:						
З.1 - знает базовые подходы и методы для описания сложных систем и принципы структурообразования в природе;	С				ОПЗ	ТВ
З.2 - знает основные механизмы коллективного роста многоклеточных систем, механические свойства живой ткани; основные механизмы самоорганизации в системах с самосборкой;	С				ОПЗ	ТВ
З.3 - знает способы теоретического описания биомиметических материалов, имитирующих поведение живых систем; ключевые достижения и современные тенденции в проектировании и изготовлении микроробототехнических систем из биомиметических материалов.	С				ОПЗ	ТВ
Освоенные умения						
У.1 - умеет получать и грамотно использовать информацию из научной литературы по физике биомиметических материалов и бионике;	С	ПЗ по темам 1-6			ОПЗ	ТВ
У.2 - умеет применять методы и подходы механики деформируемого твердого тела для проведения компьютерного моделирования поведения биомиметических систем;	С	ПЗ по темам 1-6			ОПЗ	ТВ
У.3 - умеет разрабатывать новые программы, используемые для решения задач в области моделирования систем, имитирующих поведение живой ткани.	С	ПЗ по темам 1-6			ОПЗ	ТВ
Приобретенные владения						
В.1 - владеет практическими методами программирования, используемых при математическом моделировании динамического поведения биомиметических материалов под действием внешних сигналов;	С	ПЗ по темам 1-6			ОПЗ	ТВ
В.2 - владеет практическими методами использования имеющихся компьютерных программ для описания поведения бионических структур;	С	ПЗ по темам 1-6			ОПЗ	ТВ
В.3 - владеет методами компьютерной обработки данных, полученных при исследовании бионических структур .	С	ПЗ по темам 1-6			ОПЗ	ТВ

С – собеседование по теме; ПЗ – текущий контроль в форме проверки результатов выполнения заданий практических занятий; ОПЗ – рубежный контроль в форме проверки отчётов по практическим занятиям; ИЗ – рубежный контроль в форме проверки отчётов по индивидуальным заданиям, ТВ – теоретический вопрос зачета.

Итоговой оценкой освоения дисциплинарных компетенций (результатов обучения по дисциплине) является промежуточная аттестация в виде зачета, проводимая с учетом результатов текущего контроля.

2. Виды контроля, типовые контрольные задания и шкалы оценивания результатов обучения

Текущий контроль успеваемости имеет целью обеспечение максимальной эффективности учебного процесса, управление процессом формирования заданных компетенций обучаемых, повышение мотивации к учебе и предусматривает оценивание хода освоения дисциплины. В соответствии с Положением о проведении текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся по образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, специалитета и магистратуры в ПНИПУ предусмотрены следующие виды и периодичность текущего контроля успеваемости обучающихся:

- входной контроль, проверка исходного уровня подготовленности обучаемого и его соответствия предъявляемым требованиям для изучения данной дисциплины;

- текущий контроль усвоения материала (уровня освоения компонента «знать» заданных компетенций) на каждом групповом занятии и контроль посещаемости лекционных занятий;

- промежуточный и рубежный контроль освоения обучаемыми отдельных компонентов «знать», «уметь» заданных компетенций путем компьютерного или бланчного тестирования, контрольных опросов, контрольных работ (индивидуальных домашних заданий), защиты отчетов по лабораторным работам, рефератов, эссе и т.д.

Рубежный контроль по дисциплине проводится на следующей неделе после прохождения модуля дисциплины, а промежуточный – во время каждого контрольного мероприятия внутри модулей дисциплины;

- межсессионная аттестация, единовременное подведение итогов текущей успеваемости не менее одного раза в семестр по всем дисциплинам для каждого направления подготовки (специальности), курса, группы;

- контроль остаточных знаний.

2.1. Текущий контроль

Текущий контроль проводится по каждой теме для оценки усвоения дисциплинарных частей компетенций (табл. 1.1) в форме собеседования после проверки результатов выполнения задания практических занятий. Результаты по 5-балльной шкале оценивания заносятся в книжку преподавателя и учитываются в виде интегральной оценки при проведении промежуточной аттестации.

2.2. Рубежный контроль

Рубежный контроль для комплексного оценивания усвоенных знаний, освоенных умений и приобретенных владений дисциплинарных частей компетенций (табл. 1.1) проводится согласно графика учебного процесса, приведенного в РПД, в форме отчетов по практическим занятиям и защиты отчетов по индивидуальным заданиям.

2.2.1. Защита отчетов по практическим занятиям

Всего запланировано 6 отчетов по результатам практических занятий (по числу рассматриваемых тем). Типовые темы практических занятий приведены в РПД. Защита отчета проводится индивидуально каждым студентом или группой студентов. Типовые шкала и критерии оценки приведены в общей части ФОС программы магистратуры.

2.3. Промежуточная аттестация (итоговый контроль)

Допуск к промежуточной аттестации осуществляется по результатам текущего и рубежного контроля. Условиями допуска являются успешная сдача всех отчетов по практическим занятиям и индивидуальным заданиям и положительная интегральная оценка по результатам текущего и рубежного контроля.

2.3.1. Процедура промежуточной аттестации без дополнительного аттестационного испытания

Промежуточная аттестация проводится в форме зачета. Зачет по дисциплине основывается на результатах выполнения предыдущих индивидуальных заданий студента по данной дисциплине.

Критерии выведения итоговой оценки за компоненты компетенций при проведении промежуточной аттестации в виде зачета приведены в общей части ФОС магистерской программы.

2.3.2. Процедура промежуточной аттестации с проведением аттестационного испытания

В отдельных случаях (например, в случае переаттестации дисциплины) промежуточная аттестация в виде зачета по дисциплине может проводиться с проведением аттестационного испытания по билетам. Билет содержит теоретические вопросы (ТВ) для проверки усвоенных знаний и усвоенных умений (владений) по заявленным дисциплинарным компетенциям.

Билет формируется таким образом, чтобы в него попали вопросы и практические задания, контролирующие уровень сформированности всех заявленных дисциплинарных компетенций.

2.3.2.1. Типовые вопросы и задания для зачета по дисциплине

Типовые вопросы для контроля усвоенных знаний:

1. Базовые подходы и методы для описания сложных систем и принципы формообразования в природе.
2. Жидкие кристаллы. Типы, фазовые переходы, топологические свойства структуры.
3. Жидкокристаллические эластомеры. Классическая эластичность, эластичность нематического эластомера. Роль нематической анизотропии.
4. Soft robotics. Материалы, методы актуации и практическое использование.
5. Микророботы. Математическое моделирование микро-пловцов, базовые уравнения и подходы.
6. Понятие активной среды. Типы, основные концепции и примеры.
7. Модели многоклеточных структур и механика живой ткани. Принципы и основные предположения.
8. Системы с самоорганизацией и самосборкой.

9. Биомиметические материалы. Принципы создания и современные технологии изготовления.

Полный перечень теоретических вопросов и комплексных практических заданий в форме утвержденного комплекта билетов к зачету хранится на выпускающей кафедре.

2.3.2.2. Шкалы оценивания результатов обучения на зачете

Оценка результатов обучения по дисциплине в форме уровня сформированности компонентов *знать, уметь, владеть* заявленных дисциплинарных компетенций проводится по 2-х балльной шкале оценивания.

Типовые шкала и критерии оценки результатов обучения при сдаче зачета для компонентов *знать, уметь и владеть* приведены в общей части ФОС магистерской программы.

3. Критерии оценивания уровня сформированности компонентов и дисциплинарных компетенций

3.1. Оценка уровня сформированности компонентов дисциплинарных компетенций

При оценке уровня сформированности дисциплинарных компетенций в рамках выборочного контроля при зачете считается, что *полученная оценка за компонент проверяемой в билете дисциплинарной компетенции обобщается на соответствующий компонент всех дисциплинарных компетенций, формируемых в рамках данной учебной дисциплины.*

Типовые критерии и шкалы оценивания уровня сформированности компонентов дисциплинарных компетенций приведены в общей части ФОС программы магистратуры.

3.2. Оценка уровня сформированности дисциплинарных компетенций

Общая оценка уровня сформированности всех дисциплинарных компетенций проводится путем агрегирования оценок, полученных студентом за каждый компонент формируемых компетенций, с учетом результатов текущего и рубежного контроля в виде интегральной оценки по 2-х балльной шкале. Все результаты контроля заносятся в оценочный лист и заполняются преподавателем по итогам промежуточной аттестации.

Форма оценочного листа и требования к его заполнению приведены в общей части ФОС программы магистратуры.

При формировании итоговой оценки промежуточной аттестации в виде зачета используются типовые критерии, приведенные в общей части ФОС программы магистратуры.