

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

УТВЕРЖДЕНО

**Директор физтех-школы
прикладной математики и
информатики**

А.М. Райгородский

	Рабочая программа дисциплины (модуля)
по дисциплине:	Модели механики биологических жидкостей и тканей
по направлению:	Информатика и вычислительная техника
профиль подготовки:	Прикладная математика и информатика Физтех-школа Прикладной Математики и Информатики кафедра вычислительных технологий и моделирования в геофизике и биоматематике
курс:	1
квалификация:	магистр

Семестр, формы промежуточной аттестации: 1 (осенний) - Дифференцированный зачет

Аудиторных часов: 30 всего, в том числе:

лекции: 30 час.

семинары: 0 час.

лабораторные занятия: 0 час.

Самостоятельная работа: 60 час.

Всего часов: 90, всего зач. ед.: 2

Программу составили:

Т.М. Гамилов, канд. физ.-мат. наук

В.Ю. Саламатова, канд. физ.-мат. наук

Программа обсуждена на заседании кафедры вычислительных технологий и моделирования в геофизике и биоматематике 15.03.2024

Аннотация

Курс занятий по предмету «Модели механики биологических жидкостей и тканей» имеет целью формирование базовых знаний по биомеханике, формирование исследовательских навыков и способности применять знания на практике. Задачами курса является, во-первых, формирование у студентов способностей самостоятельно формулировать простые задачи о строении и функционировании сердечно-сосудистой системы и тканей организма, применение эффективных вычислительных методов, получение решения в виде графиков. Во-вторых, ознакомление с реальными задачами медицины и биологии, для решения которых применимы методы математического моделирования. В-третьих, изучение подходов к многомасштабному моделированию и комбинированию различных моделей.

1. Цели и задачи

Цель дисциплины

- изучение студентами современных достижений в области математических и вычислительных методов моделирования сердечно-сосудистой системы, механики биологических тканей.

Задачи дисциплины

- формирование фундаментальных представлений о строении и функционировании сердечно-сосудистой системы и тканей организма;
- изучение основных принципов построения математических моделей физических процессов в биологических жидкостях и тканях;
- развитие представлений о принципах гидродинамики и механики твердого тела, применимых в биологических задачах;
- овладение методологией решения задач идентификации оптимальных моделей сердечно-сосудистой системы;
- изучение подходов к многомасштабному моделированию и комбинированию различных моделей;
- ознакомление с реальными задачами медицины и биологии, для решения которых применимы методы математического моделирования.

2. Перечень формируемых компетенций

Освоение дисциплины направлено на формирование следующих компетенций:

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции
ПК-2 Понимает и способен применить в научно-исследовательской и прикладной деятельности основные законы естествознания, современный математический аппарат и алгоритмы, современные информационно-коммуникационные технологии	ПК-2.1 Знает основы научно-исследовательской деятельности в области информационных технологий, владеет знанием основ философии и методологии науки; знанием методов научных исследований и навыками их проведения
	ПК-2.2 Умеет применять полученные знания в области фундаментальных научных основ теории информации и решать стандартные задачи в собственной научно-исследовательской деятельности
	ПК-2.3 Имеет практический опыт научно-исследовательской деятельности в области информационно-коммуникационных технологий
	ПК-2.4 Владеет методами и алгоритмами решения задач цифровой обработки сигналов, использования сети Интернет, аннотирования, реферирования, библиографического поиска, опыт работы с научными источниками
ПК-3 Вести научную дискуссию и формы устного научного высказывания	ПК-3.1 Знает основы ведения научной дискуссии и формы устного научного высказывания

ПК-5 Владеет навыками участия в научных дискуссиях, выступления с сообщениями и докладами устного, письменного и виртуального (размещение в информационных сетях) характера, представления материалов собственных исследований	ПК-3.2 Умеет вести корректную дискуссию в области информационных технологий задавать вопросы и отвечать на поставленные вопросы по теме научной работы
	ПК-3.3 Имеет практический опыт участия в научных студенческих конференциях, очных, виртуальных, заочных обсуждениях научных проблем в области информационных технологий
ПК-1 Готов к включению в профессиональное сообщество; способен проводить под научным руководством локальные исследования на основе существующих методов в конкретной области профессиональной деятельности	ПК-1.1 Знает принципы построения научной работы, методы сбора и анализа полученного материала, способы аргументации; владеет навыками подготовки научных обзоров, публикаций, рефератов и библиографий по тематике проводимых исследований на русском и английском языке
	ПК-1.2 Умеет решать научные задачи с пониманием существующих подходов к верификации моделей программного обеспечения в связи с поставленной целью и в соответствии с выбранной методикой
	ПК-1.3 Имеет практический опыт выступлений и научной аргументации при анализе объекта научной и профессиональной деятельности

3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

- методику извлечения и анализа интересующей научно-технической информации по механике биологических жидкостей и тканей;
- общие методы решения различных задач механики биологических жидкостей и тканей;
- профессиональную терминологию, способы публичного представления постановки физической задачи, соответствующей математической модели и полученных результатов;
- основные математические модели и методы механики биологических жидкостей и тканей, результаты современных исследований в данной предметной области.

уметь:

- самостоятельно осуществлять поиск специальной литературы и выбирать эффективные методы решения согласно поставленным прикладным задачам;
- ставить и решать типичные задачи механики биологических жидкостей и тканей с использованием базовых дисциплин высшей математики;
- анализировать достоверность полученных результатов с точки зрения физики и математики;
- выбирать физическую модель изучаемого явления или процесса и строить соответствующую математическую модель.

владеть:

- теоретическим материалом для постановки и решения различных задач механики биологических жидкостей и тканей и необходимого для самостоятельной работы;
- методами математического моделирования для решения прикладных задач механики биологических жидкостей и тканей и навыками анализа полученных результатов;
- навыками сбора, обработки и анализа необходимой информации для решения поставленной задачи;
- навыками аналитического и численного решений различных задач механики биологических жидкостей и тканей;
- методами физического и математического моделирования для корректной постановки задачи в рамках механики сплошной среды.

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	Основы механики жидкости	6			15
2	Моделирование гемодинамики: основные подходы.	8			15
3	Основы механики деформируемого твердого тела	10			15
4	Пассивное механическое поведение биологических тканей (гиперупругие модели)	6			15
Итого часов		30			60
Подготовка к экзамену		0 час.			
Общая трудоёмкость		90 час., 2 зач.ед.			

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

Семестр: 1 (Осенний)

1. Основы механики жидкости

Основные понятия, используемые для описания движения и деформации сплошной среды. Общие законы и уравнения механики сплошных сред. Определяющие соотношения. Ньютоновская жидкость, неньютоновская жидкость. Вязкость крови. Методы измерения вязкости жидкости. Течение Пуазейля в трубе: жесткие/упругие стенки; ньютоновская/неньютоновская жидкость

2. Моделирование гемодинамики: основные подходы.

Особенности строения крупных артерий. Механическое поведение артерий. Особенности моделирования кровотока в крупных артериях.

Особенности строения и механического поведения вен. Особенности моделирования кровотока в венах

Подходы моделирование гемодинамики в сосудах малого диаметра.

Строение сердечной мышцы. Особенности работы сердца и подходы к моделированию. Коронарный кровоток.

3. Основы механики деформируемого твердого тела

Меры деформаций. Меры напряжений. Определяющие соотношения. Одноосное растяжение. Двуосное растяжение. Раздутие мембраны. Основные предположения при обработке экспериментальных данных.

4. Пассивное механическое поведение биологических тканей (гиперупругие модели)

Гиперупругая модель. Феноменологические модели. «Структурные» модели. Изотропные модели; анизотропные модели. Активное напряжение. Активная деформация. Основные уравнения электромеханической модели миокарда.

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

Доска, ноутбук и мультимедийное оборудование (проектор или плазменная панель).
Обеспечение самостоятельной работы: открытые базы данных, научные журналы по подписке ИВМ РАН, специализированная библиотека ИВМ РАН по физике атмосферы и океана, электронные курсы лекций и электронная библиотека ИВМ РАН.

6. Перечень рекомендуемой литературы

Основная литература

1. Компьютерные модели и прогресс медицины: / Рос. АН ; под ред. О. М. Белоцерковско-го .— Научное изд. — М. : Наука, 2001 .— 300 с. — (Кибернетика: неограниченне воз-можности и возможные ограничения). - Библиогр.: с. 299-300. - 640 экз. - ISBN 5-02-008371-2 (в пер.)) .
2. В. Б. Кошелев, С. И. Мухин, Н. В. Соснин, А. П. Фаворский Математические модели квази-одномерной гемодинамики: Методическое пособие / — МАКС Пресс Москва, 2010. — 114 с. <http://vmbak.cs.msu.ru/prep/MathModeQuas%201Dhemodin.pdf>
3. Холодов Я. А., Уткин П. С., Холодов А. С. Монотонные разностные схемы высокого порядка аппроксимации для систем уравнений гиперболического типа: учебное пособие. МФТИ, 2015 – 69 с.
4. Payan, Yohan, and Jacques Ohayon. Biomechanics of living organs: hyperelastic constitutive laws for finite element modeling. World Bank Publications, 2017.
<https://www.sciencedirect.com/book/9780128040096/biomechanics-of-living-organs>

Дополнительная литература

5. Каро К., Педли Т. Механика кровообращения.- МИР, Москва 1981 - 624 с.

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

1. <http://dodo.inm.ras.ru/>
2. <http://vmbak.cs.msu.ru/prep/MathModeQuas%201Dhemodin.pdf>

8. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень необходимого программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)

1. <http://www.inm.ras.ru/library/direct2/>
 2. <http://www.ocean.ru/>
 3. Подписка ИВМ РАН на отечественные и иностранные научные журналы по профилю курса.
 4. Свободно распространяемые данные по состоянию океана.
 5. Свободно распространяемые данные реанализа состояния атмосферы и океана.
 6. Данные международного проекта сравнения климатических моделей CMIP4 и CMIP5, участником которого является ИВМ РАН.
- На лекционных занятиях используются мультимедийные технологии, включая демонстрацию презентаций.

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

Студент, изучающий дисциплину, должен с одной стороны, овладеть общим понятийным аппаратом, а с другой стороны, должен научиться применять теоретические знания на практике. В результате изучения дисциплины студент должен знать основные определения, понятия, аксиомы, алгоритмы.

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;

– подготовку к дифференцированному зачету.

Руководство и контроль за самостоятельной работой студента осуществляется в форме индивидуальных консультаций.

Важно добиться понимания изучаемого материала, а не механического его запоминания. При затруднении изучения отдельных тем, вопросов, следует обращаться за консультациями к лектору.

ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)

по направлению:	Информатика и вычислительная техника
профиль подготовки:	Прикладная математика и информатика Физтех-школа Прикладной Математики и Информатики кафедра вычислительных технологий и моделирования в геофизике и биоматематике
курс:	<u>1</u>
квалификация:	магистр

Семестр, формы промежуточной аттестации: 1 (осенний) - Дифференцированный зачет

Разработчики:

Т.М. Гамилов, канд. физ.-мат. наук

В.Ю. Саламатова, канд. физ.-мат. наук

1. Компетенции, формируемые в процессе изучения дисциплины

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции
ПК-2 Понимает и способен применить в научно-исследовательской и прикладной деятельности основные законы естествознания, современный математический аппарат и алгоритмы, современные информационно-коммуникационные технологии	ПК-2.1 Знает основы научно-исследовательской деятельности в области информационных технологий, владеет знанием основ философии и методологии науки; знанием методов научных исследований и навыками их проведения
	ПК-2.2 Умеет применять полученные знания в области фундаментальных научных основ теории информации и решать стандартные задачи в собственной научно-исследовательской деятельности
	ПК-2.3 Имеет практический опыт научно-исследовательской деятельности в области информационно-коммуникационных технологий
	ПК-2.4 Владеет методами и алгоритмами решения задач цифровой обработки сигналов, использования сети Интернет, аннотирования, реферирования, библиографического поиска, опыт работы с научными источниками
ПК-3 Владеет навыками участия в научных дискуссиях, выступления с сообщениями и докладами устного, письменного и виртуального (размещение в информационных сетях) характера, представления материалов собственных исследований	ПК-3.1 Знает основы ведения научной дискуссии и формы устного научного высказывания
	ПК-3.2 Умеет вести корректную дискуссию в области информационных технологий задавать вопросы и отвечать на поставленные вопросы по теме научной работы
	ПК-3.3 Имеет практический опыт участия в научных студенческих конференциях, очных, виртуальных, заочных обсуждениях научных проблем в области информационных технологий
ПК-1 Готов к включению в профессиональное сообщество; способен проводить под научным руководством локальные исследования на основе существующих методов в конкретной области профессиональной деятельности	ПК-1.1 Знает принципы построения научной работы, методы сбора и анализа полученного материала, способы аргументации; владеет навыками подготовки научных обзоров, публикаций, рефератов и библиографий по тематике проводимых исследований на русском и английском языке
	ПК-1.2 Умеет решать научные задачи с пониманием существующих подходов к верификации моделей программного обеспечения в связи с поставленной целью и в соответствии с выбранной методикой
	ПК-1.3 Имеет практический опыт выступлений и научной аргументации при анализе объекта научной и профессиональной деятельности

2. Показатели оценивания компетенций

В результате изучения дисциплины «Модели механики биологических жидкостей и тканей» обучающийся должен:

знать:

- методику извлечения и анализа интересующей научно-технической информации по механике биологических жидкостей и тканей;
- общие методы решения различных задач механики биологических жидкостей и тканей;
- профессиональную терминологию, способы публичного представления постановки физической задачи, соответствующей математической модели и полученных результатов;
- основные математические модели и методы механики биологических жидкостей и тканей, результаты современных исследований в данной предметной области.

уметь:

- самостоятельно осуществлять поиск специальной литературы и выбирать эффективные методы решения согласно поставленным прикладным задачам;
- ставить и решать типичные задачи механики биологических жидкостей и тканей с использованием базовых дисциплин высшей математики;
- анализировать достоверность полученных результатов с точки зрения физики и математики;
- выбирать физическую модель изучаемого явления или процесса и строить соответствующую математическую модель.

владеть:

- теоретическим материалом для постановки и решения различных задач механики биологических жидкостей и тканей и необходимого для самостоятельной работы;
- методами математического моделирования для решения прикладных задач механики биологических жидкостей и тканей и навыками анализа полученных результатов;
- навыками сбора, обработки и анализа необходимой информации для решения поставленной задачи;
- навыками аналитического и численного решений различных задач механики биологических жидкостей и тканей;
- методами физического и математического моделирования для корректной постановки задачи в рамках механики сплошной среды.

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

С целью контроля освоения обучающимися учебного материала проводится устный опрос в начале занятия по теме прошлой лекции или в конце занятия по пройденной теме.

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

1. Основы механики сплошных сред
2. Уравнение Навье-Стокса. Безразмерный вид
3. Вязкость. Реология крови
4. Кровообращение. Кровеносные сосуды. Сердце
5. Построение моделей кровообращения. Классификации моделей
6. Виндкессель-модели.
7. Одномерные модели кровотока
8. Критический анализ и изложение научной статьи по моделированию в биологических жидкостях или тканях.
9. Градиент деформаций. Полярное разложение градиента деформаций. Меры деформаций.
10. Меры напряжений. Тензоры Пиолы-Кирхгофа. Тензор Коши.
11. Экспериментальные методы исследования мягких тканей. Основные предположения. Обработка экспериментальных данных.
12. Определяющие соотношения для гиперупругого материала. Изотропный материал. Ани-зотропный материал.

Критерии оценивания

Оценка отлично 10 баллов - выставляется студенту, показавшему всесторонние, систематизированные, глубокие знания учебной программы дисциплины, проявляющему интерес к данной предметной области, продемонстрировавшему умение уверенно и творчески применять их на практике при решении конкретных задач, свободное и правильное обоснование принятых решений.

Оценка отлично 9 баллов - выставляется студенту, показавшему всесторонние, систематизированные, глубокие знания учебной программы дисциплины и умение уверенно применять их на практике при решении конкретных задач, свободное и правильное обоснование принятых решений.

Оценка отлично 8 баллов - выставляется студенту, показавшему всесторонние, систематизированные, глубокие знания учебной программы дисциплины и умение уверенно применять их на практике при решении конкретных задач, правильное обоснование принятых решений, с некоторыми недочетами.

Оценка хорошо 7 баллов - выставляется студенту, если он твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, умеет применять полученные знания на практике, но недостаточно грамотно обосновывает полученные результаты.

Оценка хорошо 6 баллов - выставляется студенту, если он твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, умеет применять полученные знания на практике, но допускает в ответе или в решении задач некоторые неточности.

Оценка хорошо 5 баллов - выставляется студенту, если он в основном знает материал, грамотно и по существу излагает его, умеет применять полученные знания на практике, но допускает в ответе или в решении задач достаточно большое количество неточностей.

Оценка удовлетворительно 4 балла - выставляется студенту, показавшему фрагментарный, разрозненный характер знаний, недостаточно правильные формулировки базовых понятий, нарушения логической последовательности в изложении программного материала, но при этом он освоил основные разделы учебной программы, необходимые для дальнейшего обучения, и может применять полученные знания по образцу в стандартной ситуации.

Оценка удовлетворительно 3 балла - выставляется студенту, показавшему фрагментарный, разрозненный характер знаний, допускающему ошибки в формулировках базовых понятий, нарушения логической последовательности в изложении программного материала, слабо владеет основными разделами учебной программы, необходимыми для дальнейшего обучения и с трудом применяет полученные знания даже в стандартной ситуации.

Оценка неудовлетворительно 2 балла - выставляется студенту, который не знает большей части основного содержания учебной программы дисциплины, допускает грубые ошибки в формулировках основных принципов и не умеет использовать полученные знания при решении типовых задач.

Оценка неудовлетворительно 1 балл - выставляется студенту, который не знает основного содержания учебной программы дисциплины, допускает грубейшие ошибки в формулировках базовых понятий дисциплины и вообще не имеет навыков решения типовых практических задач.

5. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности

Во время проведения дифференцированного зачета обучающиеся могут пользоваться программой дисциплины, а также справочной литературой, вычислительной техникой, конспектами лекций.

Дифференцированный зачет проводится путем организации специального опроса, проводимого в устной форме.