

**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:	Математическое моделирование в биологии
по направлению:	Информатика и вычислительная техника
профиль подготовки:	Математическое моделирование и компьютерные технологии Физтех-школа Прикладной Математики и Информатики кафедра вычислительных технологий и моделирования в геофизике и биоматематике
курс:	3
квалификация:	бакалавр

Семестр, формы промежуточной аттестации: 6 (весенний) - Дифференцированный зачет

Аудиторных часов: 30 всего, в том числе:

лекции: 30 час.

семинары: 0 час.

лабораторные занятия: 0 час.

Самостоятельная работа: 15 час.

Всего часов: 45, всего зач. ед.: 1

Программу составил: А.А. Романюха, д-р физ.-мат. наук, профессор

Программа обсуждена на заседании кафедры вычислительных технологий и моделирования в геофизике и биоматематике 16.05.2020

Аннотация

Курс посвящен введению в математическое моделирование биологических систем.

Особенность биологических систем состоит в том, что в них наряду с физическими действуют биологические законы. Что отличает живые системы от неживых? Как взаимодействуют законы физики и эволюции в конструкции клетки – элементарной единицы живого? В чем цель иммунной защиты? При каких условиях естественный отбор ослабляет иммунитет? Как и почему стареет иммунная система? Варианты ответов на эти вопросы будут получены при рассмотрении моделей инфекционных заболеваний, энергетического бюджета организма и эпидемии. Также рассматриваются современные методы анализа медицинских данных.

1. Цели и задачи

Цель дисциплины

- изучение механизмов медико-биологических процессов и методам их математического моделирования.

Задачи дисциплины

- формирование базовых знаний об основных принципах организации и функционирования живых систем.
- обучение студентов принципам построения математических моделей биологических процессов и систем, в том числе, на примере иммунной системы человека.

2. Перечень формируемых компетенций

Освоение дисциплины направлено на формирование следующих компетенций:

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции
УК-2 Способен определять круг задач в рамках поставленной цели и выбирать оптимальные способы их решения, исходя из действующих правовых норм, имеющихся ресурсов и ограничений	УК-2.1 Формулирует совокупность взаимосвязанных задач в рамках поставленной цели работы, обеспечивающих ее достижение. Определяет ожидаемые результаты решения поставленных задач
	УК-2.2 Проектирует решение конкретной задачи проекта, выбирая оптимальный способ ее решения, исходя из действующих правовых норм и имеющихся ресурсов и ограничений
ОПК-5 Способен участвовать в проведении фундаментальных и прикладных исследований и разработок, самостоятельно осваивать новые теоретические, в том числе, математические методы исследований и работать на современной экспериментальной научно-исследовательской, измерительно-аналитической и технологической аппаратуре)	ОПК-5.2 Обладает способностью к освоению новых знаний на основе изучения литературы, научных статей и других источников

3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

- ☐ основные понятия и модели системной биологии и медицины;
- ☐ принципы построения математических моделей живых систем;
- ☐ примеры и результаты использования математических моделей в иммунологии, медицине и геронтологии.

уметь:

- ☐ эффективно использовать на практике теоретические компоненты науки: понятия, суждения, умозаключения, законы;
- ☐ пользоваться справочной литературой научного и прикладного характера для быстрого поиска необходимых математических и физических данных и понятий.

владеть:

- ☐ навыками самостоятельной работы с научной литературой по вычислительной математике и с современными источниками информации (научные статьи, интернет);
- ☐ навыками освоения большого объёма информации;
- ☐ культурой постановки и моделирования физических и медико-биологических задач.

4. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий

4.1. Разделы дисциплины (модуля) и трудоемкости по видам учебных занятий

№	Тема (раздел) дисциплины	Трудоемкость по видам учебных занятий, включая самостоятельную работу, час.			
		Лекции	Семинары	Лаборат. работы	Самост. работа
1	Введение в системную биологию.	12			5
2	Понятие нормы и здоровья.	12			5
3	Модели эпидемических процессов.	6			5
Итого часов		30			15
Подготовка к экзамену		0 час.			
Общая трудоёмкость		45 час., 1 зач.ед.			

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

Семестр: 6 (Весенний)

1. Введение в системную биологию.

Введение в системную биологию. Основные понятия: определение жизни, открытые системы, понятие гомеостаза, приспособленности, адаптации, эволюции.

Определения жизни Шрёдингера, Ляпунова, Иваницкого и др. Определение, предмет и методы системой биологии. Основные предположения и модели. Модели молекулярно-генетических процессов. Проблема перехода от моделей молекулярно-генетических процессов к моделированию физиологических систем и организма. Необходимость новых понятий. Примеры моделей гомеостаза, адаптации, эволюции. Интерпретация Докинза.

Уровни организации живых систем. Метаболизм, клетка, физиологические системы, организм, популяция, биоценоз. Организация живых систем, принципы их функционирования. Понятие метаболизма.

Типы моделей биологических процессов и принципы их построения. Модели регуляции систем ге-нов, регуляции митохондрии, регуляции содержания глюко-зы в крови. Модель Лотки — Вольтерры.

2. Понятие нормы и здоровья.

Понятие нормы и здоровья. Сравнение определений.. Гомеостаз и энергетический бюджет организма. Трейд-оффы - основной механизм реакции на изменения среды. Причины и механизмы заболеваний, связь с адаптацией и старением. Механизмы развития вирусных и бактериальных инфекций. Понятие и модели энергетического бюджета организма. Типы метаболических реакций, образование окислительных радикалов. Модели динамики веса и состава тела. Проблема оценки приспособленности.

Модели иммунной системы и инфекционных заболеваний. Моделирование гепатита. Уравнения модели противовирусного иммунного ответа Марчука. Понятие и метод построения обобщенной картины заболевания. Особенности процедуры оценки параметров модели.

Механизмы и модели старения. Модели и факторы влияющие на продолжительность жизни. Рассматриваются механизмы и модели старения организма, а также факторы влияющие на этот процесс и продолжительность жизни в целом.

3. Модели эпидемических процессов.

Модели эпидемических процессов. Обсуждаются модели эпидемических процессов, в том числе модели туберкулеза и ВИЧ инфекции.

Модели распространения туберкулеза и ВИЧ инфекции в России. Изучение методов построения математических моделей распространения заболеваний на примере моделей распространения туберкулеза и ВИЧ инфекции.

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

Доска, ноутбук и мультимедийное оборудование (проектор или плазменная панель).

6. Перечень рекомендуемой литературы

Основная литература

1. Марчук Г. И. Математические модели в иммунологии. Вычислительные методы и эксперименты. - 3-е изд. — М.: Наука, 1991
2. Романюха А.А. Математические модели в иммунологии и эпидемиологии инфекционных заболеваний. - Бином. Лаборатория знаний, 2012

Дополнительная литература

1. Геронтология in Silico: становление новой дисциплины. Математические модели, анализ данных и вычислительные эксперименты. Сборник научных трудов / под ред. Г. И. Марчука [и др.]. - БИНОМ. Лаборатория знаний, 2012

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

<http://scitation.aip.org/>,
<http://www.sciencemag.org/>
<http://www.inm.ras.ru/library/direct2/Volodin.pdf>

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

Программное обеспечение и информационные технологии не требуются.

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:	Математическое моделирование и компьютерные технологии Физтех-школа Прикладной Математики и Информатики кафедра вычислительных технологий и моделирования в геофизике и биоматематике
курс:	3
квалификация:	бакалавр
Семестр, формы промежуточной аттестации: 6 (весенний) - Дифференцированный зачет	
Разработчик:	А.А. Романюха, д-р физ.-мат. наук, профессор

1. Компетенции, формируемые в процессе изучения дисциплины

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции
УК-2 Способен определять круг задач в рамках поставленной цели и выбирать оптимальные способы их решения, исходя из действующих правовых норм, имеющихся ресурсов и ограничений	УК-2.1 Формулирует совокупность взаимосвязанных задач в рамках поставленной цели работы, обеспечивающих ее достижение. Определяет ожидаемые результаты решения поставленных задач
	УК-2.2 Проектирует решение конкретной задачи проекта, выбирая оптимальный способ ее решения, исходя из действующих правовых норм и имеющихся ресурсов и ограничений
ОПК-5 Способен участвовать в проведении фундаментальных и прикладных исследований и разработок, самостоятельно осваивать новые теоретические, в том числе, математические методы исследований и работать на современной экспериментальной научно-исследовательской, измерительно-аналитической и технологической аппаратуре)	ОПК-5.2 Обладает способностью к освоению новых знаний на основе изучения литературы, научных статей и других источников

2. Показатели оценивания компетенций

В результате изучения дисциплины «Математическое моделирование в биологии» обучающийся должен:

знать:

- ☐ основные понятия и модели системной биологии и медицины;
- ☐ принципы построения математических моделей живых систем;
- ☐ примеры и результаты использования математических моделей в иммунологии, медицине и геронтологии.

уметь:

- ☐ эффективно использовать на практике теоретические компоненты науки: понятия, суждения, умозаключения, законы;
- ☐ пользоваться справочной литературой научного и прикладного характера для быстрого поиска необходимых математических и физических данных и понятий.

владеть:

- ☐ навыками самостоятельной работы с научной литературой по вычислительной математике и с современными источниками информации (научные статьи, интернет);
- ☐ навыками освоения большого объема информации;
- ☐ культурой постановки и моделирования физических и медико-биологических задач.

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. Определения жизни.
2. Определение метаболизма.
3. Базовая модель инфекционного заболевания и общий принцип построения моделей подобного типа.
4. Модель Гомперца
5. Модель динамики массы тела

6. SIR и SIS модели эпидемического процесса

Примерный перечень билетов:

Билет №1.

1. Определения жизни.
2. Базовая модель инфекционного заболевания и общий принцип построения моделей подобного типа.

Билет №2.

1. Определение метаболизма.
2. Модель Гомперца

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 может проводиться по итогам текущей успеваемости и сдачи заданий, или путем организации специального опроса, проводимого в устной форме.