



федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
Первый Московский государственный медицинский университет имени И.М. Сеченова
Министерства здравоохранения Российской Федерации
(Сеченовский Университет)

Утверждено
Ученый совет ФГАОУ ВО Первый МГМУ
им. И.М. Сеченова Минздрава России
(Сеченовский Университет)
«20» января 2021
протокол №1

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
Физиологическая кибернетика
основная профессиональная Высшее образование - специалитет - программа специалитета
30.00.00 Фундаментальная медицина
30.05.02 Медицинская биофизика

Цель освоения дисциплины Физиологическая кибернетика

Цель освоения дисциплины: участие в формировании следующих компетенций:

ОПК-1; Готовность решать стандартные задачи профессиональной деятельности с использованием информационных, библиографических ресурсов, медико-биологической терминологии, информационно-коммуникационных технологий и учетом основных требований информационной безопасности (ОПК-1)

ОПК-5; Готовность к использованию основных физико-химических, математических и иных естественнонаучных понятий и методов при решении профессиональных задач (ОПК-5)

ОПК-7; Способность к оценке морфофункциональных, физиологических состояний и патологических процессов в организме человека для решения профессиональных задач (ОПК-7)

ПК-11; Способность и готовность к организации и осуществлению прикладных и практических проектов и иных мероприятий по изучению биофизических и иных процессов и явлений, происходящих на клеточном, органном и системном уровнях в организме человека (ПК-11)

Требования к результатам освоения дисциплины.

Изучение дисциплины направлено на формирование у обучающихся следующих компетенций:

п/№	Код компетенции	Содержание компетенции (или ее части)	Индикаторы достижения компетенций:			
			Знать	Уметь	Владеть	Оценочные средства
1	ОПК-1	Готовность решать стандартные задачи профессиональной деятельности	-основные принципы и методы математического моделирования и			Тест по теме: Python в моделировании в физиологии., Тест по



		и с реализацией использован моделей на ием персонально информации м нных, компьютере библиографических ресурсов, медико-биологической терминологии, информационно-коммуникационных технологий и учетом основных требований информационной безопасности (ОПК-1)			теме: SBML и публикация компьютерных моделей., Тест по теме: Введение пространственной гетерогенности в компьютерные модели., Тест по теме: Интегрирование и численная оценка параметров компьютерных моделей гомогенных систем., Тест по теме: Кальциевая сигнализация., Тест по теме: Компьютерная ферментативная кинетика., Тест по теме: Лактозный оперон., Тест по теме: Моделирование апоптоза по внутреннему пути., Тест по теме: Модель Ходжкина-
--	--	--	--	--	---



						Хаксли., Тест по теме: Осциллятор Гудвина, Тест по теме: Программно е обеспечение Chaste. Моделирова ние сердечного ритма в Chaste., Тест по теме: Регуляция метаболизма гликогена., Тест по теме: Среда моделирован ия COPASI., Тест по теме: Среда моделирован ия VCell.
2	ОПК-5	Готовность к использованию основных физико-химических, математических и иных естественно научных понятий и методов при решении профессиональных задач (ОПК-5)	-основы физиологической кибернетики : теории систем	находить решения для линейных моделей		Тест по теме: Python в моделирован ии в физиологии., Тест по теме: SBML и публикация компьютерн ых моделей., Тест по теме: Введение пространств енной гетерогеннос ти в компьютерн ые модели., Тест по



						<p>теме: Интегрирова ние и численная оценка параметров компьютерн ых моделей гомогенных систем., Тест по теме: Кальциевая сигнализаци я., Тест по теме: Компьютерн ая ферментатив ная кинетика., Тест по теме: Лактозный оперон., Тест по теме: Моделирова ние апоптоза по внутреннему пути., Тест по теме: Модель Ходжкина- Хаксли., Тест по теме: Осциллятор Гудвина, Тест по теме: Программно е обеспечение Chaste. Моделирова ние сердечного ритма в</p>
--	--	--	--	--	--	--



						Chaste., Тест по теме: Регуляция метаболизма гликогена., Тест по теме: Среда моделирован ия COPASI., Тест по теме: Среда моделирован ия VCell.
3	ОПК-7	Способность к оценке морфофункциональных, физиологических состояний и патологических процессов в организме человека для решения профессиональных задач (ОПК-7)	- математическое моделирование систем транспорта веществ в организме, ферментативных систем в клетке, иммунной системы и систем клеточных популяций взаимодействующий в организме, сердечно-сосудистой, дыхательной систем, эндокринной регуляции репродуктивной функции, инициации сокращения миокарда и косвенный метод исследования механизма действия кардиотропн	находить решения для линейных моделей аналитическим и численными методами, идентифицировать параметры моделей по экспериментальным данным или по результатам клинического исследования	методами математического моделирования основных систем организма	Тест по теме: Python в моделировании в физиологии., Тест по теме: SBML и публикация компьютерных моделей., Тест по теме: Введение пространственной гетерогенности в компьютерные модели., Тест по теме: Интегрирование и численная оценка параметров компьютерных моделей гомогенных систем., Тест по теме: Кальциевая сигнализация.,



			ых препаратов			Тест по теме: Компьютерн ая ферментатив ная кинетика., Тест по теме: Лактозный оперон., Тест по теме: Моделирова ние апоптоза по внутреннему пути., Тест по теме: Модель Ходжкина- Хаксли., Тест по теме: Осциллятор Гудвина, Тест по теме: Программно е обеспечение Chaste. Моделирова ние сердечного ритма в Chaste., Тест по теме: Регуляция метаболизма гликогена., Тест по теме: Среда моделирован ия COPASI., Тест по теме: Среда моделирован ия VCell.
--	--	--	------------------	--	--	---



4	ПК-11	Способность и готовность к организации и осуществлению прикладных и практически проектов и иных мероприятий по изучению биофизических и иных процессов и явлений, происходящих на клеточном, органном и системном уровнях в организме человека (ПК-11)	-основы компьютерных методов анализа физиологических сигналов и данных медико-биологических экспериментов	- строить линейные и нелинейные математические модели кинетики и транспорта веществ в организме, кинетики клеточных популяций, а также основных систем организма человека	анализом физиологических процессов и состояний с использованием известных моделей систем организма	Тест по теме: Python в моделировании физиологии., Тест по теме: SBML и публикация компьютерных моделей., Тест по теме: Введение пространственной гетерогенности в компьютерные модели., Тест по теме: Интегрирование и численная оценка параметров компьютерных моделей гомогенных систем., Тест по теме: Кальциевая сигнализация., Тест по теме: Компьютерная ферментативная кинетика., Тест по теме: Лактозный оперон., Тест по теме: Моделирование апоптоза
---	-------	--	---	---	--	--



						по внутреннему пути., Тест по теме: Модель Ходжкина- Хаксли., Тест по теме: Осциллятор Гудвина, Тест по теме: Программно е обеспечение Chaste. Моделирова ние сердечного ритма в Chaste., Тест по теме: Регуляция метаболизма гликогена., Тест по теме: Среда моделирован ия COPASI., Тест по теме: Среда моделирован ия VCell.
--	--	--	--	--	--	--

Разделы дисциплины и компетенции, которые формируются при их изучении

п/№	Код компетенции	Наименование раздела/темы дисциплины	Содержание раздела в дидактических единицах	Оценочные средства
1	ОПК-1, ОПК-5, ОПК-7, ПК-11	1. Методы математического моделирования. 1.1 Среда моделирования COPASI.	Устройство интерфейса, возможности создания элементов модели. Возможности интегрирования. Вывод и	Тест по теме: Среда моделирования COPASI.



			интерпретация результатов. Определение условий применимости уравнения Михаэлиса-Ментен для ферментативного катализа методами компьютерного моделирования.	
		1.2 Python в моделировании физиологии.	в Основные принципы программирования на языке Python. Библиотека NumPy. Задание системы дифференциальных уравнений в языке Python. Интегрирование и анализ результатов.	Тест по теме: Python в моделировании физиологии.
2	ОПК-1, ОПК-5, ОПК-7, ПК-11	2. Методы компьютерного моделирования 2.1 Интегрирование и численная оценка параметров компьютерных моделей гомогенных систем. 2.2 SBML и публикация компьютерных моделей.	Метод Эйлера, метод Рунге-Кутты, метод Адамса, метод обратного дифференцирования (BDF), метод LSODA. Преимущества, недостатки и корректность применения к задачам. Метод Ньютона. Семейство методов эволюционного программирования. Исследование корректности постановки задачи оценки параметров модели по экспериментальным данным. Необходимость в обмене компьютерными моделями между исследователями. Язык системной биологии SBML, основные понятия, уровни и версии. Запись компьютерных моделей в SBML. База данных математических моделей BioModels. Поиск, чтение и загрузка моделей из базы данных. Чтение и модификация моделей.	Тест по теме: Интегрирование и численная оценка параметров компьютерных моделей гомогенных систем. Тест по теме: SBML и публикация компьютерных моделей.
3	ОПК-1, ОПК-5, ОПК-7,	3. Методы построения моделей в физиологии		



	ПК-11	<p>3.1 Компьютерная ферментативная кинетика.</p> <p>3.2 Среда моделирования VCell.</p>	<p>Компьютерное моделирование классических механизмов ферментативной кинетики: конкурентное, неконкурентное, бесконкурентное, смешенное ингибирование, аллостерическая активация, кооперативность, двусубстратная кинетика. Определение условий применимость классических формул ферментативной кинетики.</p> <p>Устройство интерфейса, возможности создания элементов модели. Возможности интегрирования. Вывод и интерпретация результатов. Диффузия ионов через канал в мембране. Создание разности потенциалов на мембране за счет диффузии ионов через канал на мембране. Закрытие и открытие зависящего от разности потенциалов канала на мембране за счет диффузии ионов через канал.</p>	<p>Тест по теме: Компьютерная ферментативная кинетика.</p> <p>Тест по теме: Среда моделирования VCell.</p>
4	ОПК-1, ОПК-5, ОПК-7, ПК-11	<p>4. Триггеры и колебания в биологии</p> <p>4.1 Лактозный оперон.</p> <p>4.2 Осциллятор Гудвина.</p>	<p>Моделирование регуляции экспрессии генов в точечной системе. Исследование системы. Поиск стационарных состояний, определение устойчивости. Определение параметров переключения между стационарными состояниями.</p> <p>Моделирование системы химических реакций с обратными связями на примере осциллятора Гудвина. Качественное исследование системы. Поиск точек бифуркации с помощью</p>	<p>Тест по теме: Лактозный оперон.</p> <p>Тест по теме: Осциллятор Гудвина</p>



			библиотеки Бифуркационный элементарной подсистемы	PyDSTool. анализ	
5	ОПК-1, ОПК-5, ОПК-7, ПК-11	<p>5. Регуляция метаболических и сигнальных систем</p> <p>5.1 Регуляция метаболизма гликогена.</p> <p>5.2 Кальциевая сигнализация.</p> <p>5.3 Моделирование апоптоза по внутреннему пути.</p>	<p>Регуляция метаболизма гликогена.</p> <p>Моделирование стохастических осцилляций кальция в невозбудимых клетках на примере активации тромбоцитов крови.</p> <p>Моделирование апоптоза по внутреннему пути.</p>		<p>Тест по теме: Регуляция метаболизма гликогена.</p> <p>Тест по теме: Кальциевая сигнализация.</p> <p>Тест по теме: Моделирование апоптоза по внутреннему пути.</p>
6	ОПК-1, ОПК-5, ОПК-7, ПК-11	<p>6. Математическое моделирование многоклеточных систем</p> <p>6.1 Введение пространственной гетерогенности в компьютерные модели.</p> <p>6.2 Программное обеспечение Chaste. Моделирование сердечного ритма в Chaste.</p>	<p>Введение пространственной гетерогенности в компьютерные модели</p> <p>Программное обеспечение Chaste. Моделирование сердечного ритма в Chaste.</p>		<p>Тест по теме: Введение пространственной гетерогенности в компьютерные модели.</p> <p>Тест по теме: Программное обеспечение Chaste. Моделирование сердечного ритма в Chaste.</p>



7	ОПК-1, ОПК-5, ОПК-7, ПК-11	7. Сложные распределенные системы.		
		7.1 Моделирование апоптоза по внутреннему пути.	Моделирование апоптоза по внутреннему пути.	Тест по теме: Моделирование апоптоза по внутреннему пути.
		7.2 Модель Ходжкина-Хаксли.	Модель Морриса-Лекара. Качественное исследование модели. Численное исследование модели. Распространение разности потенциалов вдоль мембраны в модели Морриса-Лекара. Модель Ходжкина Хаксли. Качественное исследование модели. Численное исследование модели. Распространение разности потенциалов вдоль мембраны в модели Морриса-Лекара	Тест по теме: Модель Ходжкина-Хаксли.

Виды учебной работы

Вид учебной работы	Трудоемкость		Трудоемкость по семестрам (Ч)	
	объем в зачетных единицах (ЗЕТ)	Объем в часах (Ч)	Семестр 8	Семестр 9
Контактная работа, в том числе		66	44	22
Консультации, аттестационные испытания (КАТТ) (Экзамен)		4		4
Лекции (Л)		16	12	4
Лабораторные практикумы (ЛП)				
Практические занятия (ПЗ)		46	32	14
Клинико-практические занятия (КПЗ)				
Семинары (С)				
Работа на симуляторах (РС)				
Самостоятельная работа студента (СРС)		42	28	14
ИТОГО	3	108	72	36



Разделы дисциплин и виды учебной работы

№	№ семестра	Наименование раздела дисциплины	Виды учебной работы (Ч)								
			Л	ЛП	ПЗ	КПЗ	С	КАтт	РС	СРС	Всего
	Семестр 8	Часы из АУП	12		32					28	72
1		Методы математического моделирования.	2		6					4	12
2		Методы компьютерного моделирования	2		6					4	12
3		Методы построения моделей в физиологии	2		6					6	14
4		Триггеры и колебания в биологии	2		6					6	14
5		Математическое моделирование многоклеточных систем	1		3					3	7
6		Сложные распределенные системы.	3		5					5	13
		ИТОГ:	12		32					28	72
	Семестр 9	Часы из АУП	4		14			4		14	36
1		Математическое моделирование многоклеточных систем	1		4					4	9
2		Регуляция метаболических и сигнальных систем	3		10					10	23
		ИТОГ:	4		14			4		14	32

Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

Перечень основной литературы

№	Наименование согласно библиографическим требованиям
1	Keener G Interdisciplinary Applied Mathematics. Volume 8/I, 2009 P. 564
2	Keener G Interdisciplinary Applied Mathematics Editors Volume 8/II, 2009, P. 608

Перечень дополнительной литературы

№	Наименование согласно библиографическим требованиям
1	Ризниченко Г. Ю. Лекции по математическим моделям в биологии (изд. 2-е, испр. и дополн.) Издательство РХД, 2011 г. 560 стр. ISBN 978-5-93972-847-8.
2	Плюснина Т.Ю., Фурсова П. В., Тёрлова Л. Д., Ризниченко Г. Ю. Математические модели в биологии (Изд. 2-е доп. Учебное пособие. М.-Ижевск: НИЦ: «Регулярная и хаотическая динамика», 2014. 136 с. ISBN: 978-5-4344-0224-8)



3	Джеймс Мюррей. Математическая биология. 2009, С 766
---	---

Перечень электронных образовательных ресурсов

№	Наименование ЭОР	Ссылка
1	Тест по теме: Компьютерная ферментативная кинетика.	Размещено в Информационной системе «Университет-Обучающийся»
2	Тест по теме: Python в моделировании в физиологии.	Размещено в Информационной системе «Университет-Обучающийся»
3	Тест по теме: Введение пространственной гетерогенности в компьютерные модели.	Размещено в Информационной системе «Университет-Обучающийся»
4	Методы математического моделирования.	Размещено в Информационной системе «Университет-Обучающийся»
5	Методы математического моделирования. Задание.	Размещено в Информационной системе «Университет-Обучающийся»
6	Тест по теме: Кальциевая сигнализация.	Размещено в Информационной системе «Университет-Обучающийся»
7	Тест по теме: SBML и публикация компьютерных моделей.	Размещено в Информационной системе «Университет-Обучающийся»
8	Тест по теме: Регуляция метаболизма гликогена.	Размещено в Информационной системе «Университет-Обучающийся»
9	Тест по теме: Моделирование апоптоза по внутреннему пути.	Размещено в Информационной системе «Университет-Обучающийся»
10	Методическое пособие для работы по индивидуальным	Размещено в



	заданиям/проектам	Информационной системе «Университет-Обучающийся»
11	Тест по теме: Осциллятор Гудвина	Размещено в Информационной системе «Университет-Обучающийся»
12	Тест по теме: Интегрирование и численная оценка параметров компьютерных моделей гомогенных систем.	Размещено в Информационной системе «Университет-Обучающийся»
13	Тест по теме: Программное обеспечение Chaste. Моделирование сердечного ритма в Chaste.	Размещено в Информационной системе «Университет-Обучающийся»
14	Тест по теме: Среда моделирования COPASI.	Размещено в Информационной системе «Университет-Обучающийся»
15	Тест по теме: Модель Ходжкина-Хаксли.	Размещено в Информационной системе «Университет-Обучающийся»
16	Тест по теме: Лактозный оперон.	Размещено в Информационной системе «Университет-Обучающийся»
17	Методы математического моделирования. Лекция.	Размещено в Информационной системе «Университет-Обучающийся»
18	Тест по теме: Среда моделирования VCell.	Размещено в Информационной системе «Университет-Обучающийся»

Материально-техническое обеспечение дисциплины

№ п/п	№ учебных аудиторий и объектов для проведения занятий	Адрес учебных аудиторий и объектов для проведения занятий	Наименование оборудованных учебных кабинетов, объектов для проведения практических занятий, объектов физической культуры и спорта с перечнем основного оборудования
-------	---	---	---



1	6	125009, г. Москва, ул. Моховая, д. 11, стр. 4	20 персональных компьютеров. Стол ученический 6-я группа роста 1200-500-750 – 10 шт. Стул аудиторный 6-я группа роста 390-440-810 – 20 шт. Доска классная (учебная) для мела с одной рабочей поверхностью 1-шт
2	9	125009, г. Москва, ул. Моховая, д. 11, стр. 4	Стол ученический 6-я группа роста 1200-500-750 – 10 шт. Стул аудиторный 6-я группа роста 390-440-810 – 20 шт. Доска классная (учебная) для мела с одной рабочей поверхностью 1-шт

Рабочая программа дисциплины разработана кафедрой Нормальной физиологии ИКМ

