

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет
им. Н.И. Лобачевского»**

Институт биологии и биомедицины

УТВЕРЖДЕНО
решением Ученого совета ННГУ
протокол № 13 от 30.11.2022 г.

Рабочая программа дисциплины
Математические модели нейронных сетей мозга

Уровень высшего образования
Магистратура

Направление подготовки / специальность
06.04.01 - Биология

Направленность образовательной программы
Нейробиология

Форма обучения
очная

г. Нижний Новгород

2023 год начала подготовки

1. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина Б1.В.ДВ.01.01 Математические модели нейронных сетей мозга относится к части, формируемой участниками образовательных отношений образовательной программы.

2. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями и индикаторами достижения компетенций)

Формируемые компетенции (код, содержание компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), в соответствии с индикатором достижения компетенции		Наименование оценочного средства	
	Индикатор достижения компетенции (код, содержание индикатора)	Результаты обучения по дисциплине	Для текущего контроля успеваемости	Для промежуточной аттестации
ПК-2: Способен использовать современные методы обработки и интерпретации биологической информации при проведении научных исследований, современную аппаратуру и информационно-коммуникационные технологии при выполнении полевых и лабораторных биологических, экологических работ (в соответствии с направленностью программы магистратуры)	<p>ПК-2.1: Знает современные методические подходы при выполнении биологических, биомедицинских и экологических исследований, обработке и интерпретации полученных результатов; устройство и правила эксплуатации полевого и лабораторного оборудования;</p> <p>ПК-2.2: Умеет использовать современную приборную базу для биологических, биомедицинских и экологических исследований, методически грамотного применения статистических и аналитических подходов в обработке результатов</p> <p>ПК-2.3: Владеет навыками работы на современном полевом и лабораторном оборудовании, интерпретации научной биологической информации с применением статистических и аналитических подходов.</p>	<p>ПК-2.1: Знает современные методические подходы и лабораторного оборудования при построении математических моделей нейронных сетей</p> <p>ПК-2.2: Умеет использовать современную приборную базу при построении математических моделей нейронных сетей</p> <p>ПК-2.3: Владеет навыками работы при построении математических моделей нейронных сетей на современном лабораторном оборудовании, интерпретации научной биологической информации с применением статистических и аналитических подходов.</p>	Отчет по лабораторным работам	Экзамен: Контрольные вопросы

3. Структура и содержание дисциплины

3.1 Трудоемкость дисциплины

	очная
--	-------

Общая трудоемкость, з.е.	3
Часов по учебному плану	108
в том числе	
аудиторные занятия (контактная работа):	
- занятия лекционного типа	24
- занятия семинарского типа (практические занятия / лабораторные работы)	36
- КСР	2
самостоятельная работа	10
Промежуточная аттестация	36 экзамен

3.2. Содержание дисциплины

(структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и виды учебных занятий)

Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины	Всего (часы)	в том числе			
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы из них			Самостоятельная работа обучающегося, часы
		Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа (практические занятия/ лабора- торные работы), часы	Всего	
	о ф о	о ф о	о ф о	о ф о	о ф о
Введение.	7	2	4	6	1
Модель Ходжкина-Хаксли.	9	4	4	8	1
Упрощенные модели нейронов.	9	4	4	8	1
Модель Фитц-Нагумо	7	2	4	6	1
Отклик нейрона на импульсный внешний сигнал.	8	3	4	7	1
Резонансные свойства нейронов.	8	3	4	7	1
Синаптические связи. Синаптическая пластичность.	8	2	4	6	2
Синхронизация в сетях электрически связанных нейронов.	7	2	4	6	1
Архитектура синаптических связей.	7	2	4	6	1
Аттестация	36				
КСР	2			2	
Итого	108	24	36	62	10

Практические занятия /лабораторные работы организуются, в том числе, в форме практической подготовки, которая предусматривает участие обучающихся в выполнении отдельных элементов работ, связанных с будущей профессиональной деятельностью.

На проведение практических занятий / лабораторных работ в форме практической подготовки отводится: очная форма обучения - 10 ч.

4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

Цель самостоятельной работы – подготовка компетентного магистра-биолога и формирование навыков к непрерывному самообразованию и совершенствованию в реализации

профессионального вида деятельности.

Самостоятельная работа способствует формированию аналитического и творческого мышления при анализе получаемой информации, совершенствует способы организации исследовательской деятельности, воспитывает целеустремленность, систематичность и последовательность в работе студентов, развивает у них навык завершать начатую работу.

Виды самостоятельной работы студентов в рамках освоения дисциплины:

- изучение понятийного аппарата и проработка тем дисциплины;
- работа с основной и дополнительной литературой дома и в библиотеке;
- изучение сайтов по темам дисциплины в сети Интернет
- самоподготовка к занятиям семинарского типа (устный опрос);
- подготовка к тестам;
- подготовка докладов и презентаций;
- подготовка к экзамену.

5. Фонд оценочных средств для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)

5.1 Типовые задания, необходимые для оценки результатов обучения при проведении текущего контроля успеваемости с указанием критериев их оценивания:

5.1.1 Типовые задания (оценочное средство - Отчет по лабораторным работам) для оценки сформированности компетенции ПК-2

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА

«Математическое моделирование кальциевой динамики астроглиальных клеток мозга»

Цель работы: исследовать механизмы генерации кальциевых сигналов в изолированном астроците посредством вычислительных экспериментов. Провести анализ динамических режимов изменения внутриклеточной концентрации кальция в зависимости от параметров модели и характера внешнего воздействия. Для выполнения лабораторной работы необходимо наличие персонального компьютера с операционной системой Windows и установленной программой `astrocyte_rungekutta.exe`. При запуске исполняемого файла появится графический интерфейс программы (пример на рис. 12). В интерактивных полях доступны для изменения ключевой параметр модели, ν_4 , начальные условия, время счета и характеристики внешней стимуляции. Предусмотрено два типа воздействия: одиночным стимулом и серией импульсов. После выставления интересующих значений в соответствующие поля необходимо запустить численный счет путем нажатия кнопок "Calculate". После выполнения интегрирования уравнений в соответствующих областях интерфейса будут построены временные реализации для переменных модели (в том числе отдельно для внутриклеточной концентрации кальция) и фазовые портреты в осях $([Ca^{2+}], z)$ и $([Ca^{2+}], [IP3])$. В дополнение к этому программа автоматически

сохраняет данные в два текстовых файла, первые столбцы в которых соответствуют временным отсчетам. Данные могут быть использованы как для дальнейшего анализа динамики астроцита, так и для визуализации полученных результатов в программных пакетах MatLab, OriginPro, Microsoft Excel и др.

Задания

1. Определить равновесные концентрации ионов Ca^{2+} и молекул ИТФ.
2. Изучить, как при вариации параметра ν_4 изменяются основные динамические режимы модели астроцита.
3. Подавая однократное импульсное воздействие, получить фазовые портреты модели астроцита, соответствующие:
 1. стационарному уровню концентрации Ca^{2+} и ИТФ;
 2. периодическим осцилляциям внеклеточных концентраций кальция и ИТФ;
 3. генерации Ca^{2+} импульса.
4. Подавая однократное импульсное воздействие, получить кальциевый отклик астроцита в виде одиночного ответа или серии импульсов. Получить зависимости амплитуды и длительности Ca^{2+} импульса от амплитуды и длительности внешнего стимула.

Рис. 12 – Пример графического интерфейса программы моделирования динамики астроцита
astrocyte_rungekutta.exe

5. Подавая внешнюю стимуляцию в виде серии импульсов и уменьшая интервал их следования с 15 до 1 секунды, пронаблюдать и описать качественные изменения характера формирования кальциевых импульсов.
6. Подавая внешнюю стимуляцию в виде серии импульсов, получить временные реализации внутриклеточной концентрации Ca^{2+} и ИТФ регулярной и сложной формы.

Критерии оценивания (оценочное средство - Отчет по лабораторным работам)

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	50-100% правильных ответов
не зачтено	менее 50 % правильных ответов

5.2. Описание шкал оценивания результатов обучения по дисциплине при промежуточной аттестации

Шкала оценивания сформированности компетенций

Уровень сформированности компетенций (индикатора достижения компетенций)	плохо	неудовлетворительно	удовлетворительно	хорошо	очень хорошо	отлично	превосходно
	не зачтено		зачтено				
<u>Знания</u>	Отсутствие знаний теоретического материала. Невозможность оценить полноту знаний вследствие отказа обучающегося от ответа	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки	Минимально допустимый уровень знаний. Допущено много негрубых ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько негрубых ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько несущественных ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Ошибок нет.	Уровень знаний в объеме, превышающем программу подготовки.
<u>Умения</u>	Отсутствие минимальных умений. Невозможность оценить наличие умений вследствие отказа обучающегося от ответа	При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения. Имели место грубые ошибки	Продemonстрированы основные умения. Решены типовые задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, но не в полном объеме	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами.	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с детальным и несущественными недочетами, выполнены все задания в полном объеме	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме без недочетов
<u>Навыки</u>	Отсутствие базовых навыков. Невозможность оценить наличие навыков вследствие отказа обучающегося от ответа	При решении стандартных задач не продемонстрированы базовые навыки. Имели место грубые ошибки	Имеется минимальный набор навыков для решения стандартных задач с некоторым и недочетами	Продemonстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторым и недочетами	Продemonстрированы базовые навыки при решении стандартных задач без ошибок и недочетов	Продemonстрированы навыки при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов	Продemonстрирован творческий подход к решению нестандартных задач

Шкала оценивания при промежуточной аттестации

Оценка		Уровень подготовки
зачтено	превосходно	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «превосходно», продемонстрированы знания, умения, владения по соответствующим компетенциям на уровне выше предусмотренного программой
	отлично	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «отлично».
	очень хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «очень хорошо»
	хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «хорошо».
	удовлетворительно	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «удовлетворительно», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «удовлетворительно»
не зачтено	неудовлетворительно	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «неудовлетворительно».
	плохо	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «плохо»

5.3 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения на промежуточной аттестации

5.3.1 Типовые задания, выносимые на промежуточную аттестацию:

Оценочное средство - Контрольные вопросы

Экзамен

Критерии оценивания (Контрольные вопросы - Экзамен)

Оценка	Критерии оценивания
превосходно	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «превосходно», продемонстрированы знания, умения, владения по соответствующим компетенциям на уровне, выше предусмотренного программой
отлично	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «отлично», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «отлично»
очень хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «очень хорошо», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «очень хорошо»
хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «хорошо», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «хорошо»

Оценка	Критерии оценивания
удовлетворительно	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «удовлетворительно», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «удовлетворительно»
неудовлетворительно	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «неудовлетворительно», ни одна из компетенций не сформирована на уровне «плохо»
плохо	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «плохо»

Типовые задания (Контрольные вопросы - Экзамен) для оценки сформированности компетенции ПК-2 (Способен использовать современные методы обработки и интерпретации биологической информации при проведении научных исследований, современную аппаратуру и информационно-коммуникационные технологии при выполнении полевых и лабораторных биологических, экологических работ (в соответствии с направленностью программы магистратуры))

1. Модель Ходжкина-Хаксли. Основные уравнения.
2. Трансмембранные токи, формализм Ходжкина-Хаксли для описания ионных каналов.
3. Уравнения для воротных переменных. Потенциал-зависимые каналы
4. Потенциал действия. Соответствие различных фаз потенциала действия воротным переменным
5. $I_{Na,t}$ модель. Редукция фазовой плоскости
6. $I_{Na,p} + I_K$ модель. Редукция фазовой плоскости
7. Модель ФитцХью-Нагумо. Динамика на фазовой плоскости. Основные бифуркации

6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)

Основная литература:

1. Биофизика : учеб. для вузов / под ред В. Г. Артюхова. - 2-е изд. - М. : Академический Проект, 2013. - 294 с. - (Фундаментальный учебник) (Gaudeamus). - Авт. указ. на обороте тит. л. - ISBN 978-5-8291-1495-4 : 525.00., 20 экз.
2. Гайворонский Иван Васильевич. Анатомия центральной нервной системы и органов чувств : учеб. для акад. бакалавриата. - М. : Юрайт, 2016. - 293 с. - (Бакалавр. Академический курс). - ISBN

978-5-9916-5864-5 : 240.00., 1 экз.

3. Некоркин Владимир Исаакович. Лекции по основам теории колебаний : учеб. пособие для студентов ННГУ, специализирующихся в области радиофизики, приклад. математики и мат. моделирования / ННГУ. - Н. Новгород : Изд-во ННГУ, 2012. - 311 с. - ISBN 978-5-91326-230-1 : 162.13., 148 экз.

Дополнительная литература:

1. Рубин Андрей Борисович. Биофизика : в 2 т.: учеб. для студентов биол. спец. вузов. Т. 1 : Теоретическая биофизика. - [2-е изд., испр. и доп.]. - М. : Кн. дом "Университет", 1999. - 448 с. : ил. - ISBN 5-8013-0032-5. - ISBN 5-8013-0033-3(т.1) : 44.00., 1 экз.
2. Рубин Андрей Борисович. Биофизика : в 2 т. : учеб. для студентов биол. спец. вузов. Т. 2 : Биофизика клеточных процессов. - [2-е изд., испр. и доп.]. - М. : Кн. дом "Университет", 2000. - 468 с. : ил. - ISBN 5-8013-0032-5. - ISBN 5-8013-0047-3(т.2) : 46.00., 1 экз.
3. Рабинович Михаил Израилевич. Введение в теорию колебаний и волн. - 2-е изд., перераб. и доп. - М. : Наука , 1992. - 454, [1] с. : ил. - 62.50., 1 экз.

Программное обеспечение и Интернет-ресурсы (в соответствии с содержанием дисциплины):

ОС Microsoft Windows (XP, Windows7, Windows8).

7. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

Учебные аудитории для проведения учебных занятий, предусмотренных образовательной программой, оснащены мультимедийным оборудованием (проектор, экран), техническими средствами обучения, компьютерами.

Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечены доступом в электронную информационно-образовательную среду.

Программа составлена в соответствии с требованиями ОС ННГУ по направлению 06.04.01 - Биология.

Автор(ы): Казанцев Виктор Борисович, доктор физико-математических наук, доцент
Гордлеева Сусанна Юрьевна, доктор физико-математических наук.

Рецензент(ы): Матросов Валерий Владимирович, доктор физико-математических наук.

Заведующий кафедрой: Казанцев Виктор Борисович, доктор физико-математических наук.

Программа одобрена на заседании методической комиссии от 06.09.2022, протокол № 1.