

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 президиума Ученого совета ННГУ

протокол № 1 от 16.01.2024 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

2024 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)	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 ПК-2.2: Умеет: - использовать современную приборную базу для биологических, биомедицинских и экологических исследований, методически грамотного применения статистических и аналитических подходов в обработке результатов ПК-2.3: Владеет - навыками работы на современном полевом и лабораторном оборудовании, интерпретации научной биологической информации с применением статистических и аналитических подходов	ПК-2.1: Знает современные методические подходы и лабораторного оборудования при построении математических моделей нейронных сетей ПК-2.2: Умеет использовать современную приборную базу при построении математических моделей нейронных сетей 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	Отчет по лабораторным работам Тест	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 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	
	0 ф 0	0 ф 0	0 ф 0	0 ф 0	0 ф 0
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

Содержание разделов и тем дисциплины

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.

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

Самостоятельная работа обучающихся включает в себя подготовку к контрольным вопросам и заданиям для текущего контроля и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины приведенным в п. 5.

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:

«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, v_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 ($[Ca^{2+}]$, $[IP_3]$). 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 v_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	Выполнение рисунков полностью соответствует требованиям, предъявляемым к оформлению документа
не зачтено	Не выполнен хотя бы один пункт из требований, предъявляемых к оформлению отчетного документа. Допускаются небольшие не систематические погрешности при выполнении рисунков

5.1.2 Типовые задания (оценочное средство - Тест) для оценки сформированности компетенции ПК-2:

1

Равновесный потенциал - это

такой потенциал, при котором движение ионов по градиенту концентраций уравнивается трансмембранной разницей электрического потенциала

такой потенциал, при котором ионный ток равен нулю при одинаковых концентрациях ионов по обе стороны мембраны

такой потенциал, при котором невозможна генерация потенциала действия

2

Равновесный потенциал зависит от

концентрации ионов по обе стороны мембраны

плотности ионных каналов

механизма проникновения ионов через канал

3

Электрохимический градиент формирует

градиент концентраций

потенциал мембраны

градиент концентраций и электрический потенциал мембраны

4

Уравнение Нернста

описывает отношение между равновесным потенциалом и градиентом концентраций

уравнение для определения градиента концентраций

уравнение для определения электродвижущей силы для ионов

Критерии оценивания (оценочное средство - Тест)

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 (индикатор достижения компетенций)	плохо	неудовлетворительно	удовлетворительно	хорошо	очень хорошо	отлично	превосходно
	не зачтено		зачтено				
	Знания	Знания	Знания	Знания	Знания	Знания	Знания
	Отсутствие знаний теоретического материала. Невозможность оценить полноту	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки	Минимально допустимый уровень знаний. Допущено	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе	Уровень знаний в объеме, превышающем программу подготовки.

	знаний вследствие отказа обучающегося от ответа		много негрубых ошибок	подготовки . Допущено несколько негрубых ошибок	подготовки . Допущено несколько несущественных ошибок	подготовк и. Ошибок нет.	
<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	Продемонстрированы основные умения. Решены типовые задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, но не в полном объеме	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с отдельным и несущественными недочетами, выполнены все задания в полном объеме	Продемонстрированы 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	Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторым и недочетами	Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач без ошибок и недочетов	Продемонстрированы навыки при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов	Продемонстрирован 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 с указанием критериев их оценивания:

5.3.1 Типовые задания (оценочное средство - Контрольные вопросы) для оценки сформированности компетенции ПК-2

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 к фазовой плоскости.
6. $I_{Na}, p + I_K$ модель. Редукция к фазовой плоскости.
7. Модель Фитц Хью-Наг мо. Динамика на фазовой плоскости. Основные бифуркации.

Критерии оценивания (оценочное средство - Контрольные вопросы)

Оценка	Критерии оценивания
превосходно	Безупречное владение теоретическим материалом, наличие творческого подхода к решению нестандартных ситуаций. Полные и развернутые ответы на экзаменационные вопросы и вопросы на семинаре (оценки «отлично и превосходно»). Отсутствие замечаний к оформлению отчета по лабораторным работам. Умение логически точно и правильно сформулировать ответ на поставленный вопрос, умение анализировать и делать выводы. Активное участие во всех семинарских занятиях, отличные оценки за участие и доклады на всех семинарских занятиях
отлично	Правильные без существенных замечаний ответы на экзаменационные вопросы и вопросы на семинаре (оценки «очень хорошо и отлично»). Отсутствие замечаний к оформлению отчета по лабораторным работам. Умение логически точно и правильно сформулировать ответ на поставленный вопрос, умение анализировать и делать выводы. Активное участие во всех семинарских занятиях.
очень хорошо	В целом правильные с незначительными недочетами (не более 2-х) ответы на экзаменационные вопросы и вопросы на семинаре (оценки «хорошо»). Незначительные замечания (не более двух) к оформлению отчета по лабораторным работам. Ответы правильные, могут содержать незначительные

Оценка	Критерии оценивания
	ошибки и неточности. Доклады на семинарах оценены не ниже «отлично».
хорошо	В целом правильные с незначительными недочетами (2-3) ответы на экзаменационные вопросы и вопросы на семинаре (оценки «хорошо»). Незначительные замечания (2-3) к оформлению отчета по лабораторным работам. Ответы правильные, могут содержать незначительные ошибки и неточности. Доклады на семинарах оценены не ниже «хорошо».
удовлетворительно	Несколько грубых недочетов в ответах на экзаменационные вопросы и вопросы на семинаре (оценки «удовлетворительно»). Недочеты в оформлении отчета по лабораторным работам, ответы с ошибками. Пропуски семинарских занятий.
неудовлетворительно	Неверные ответы на экзаменационные вопросы и вопросы на семинаре. Отчет по лабораторным работам отсутствует. Ответы неполные, с ошибками. Пропуски семинарских занятий. Необходима дополнительная подготовка для успешного прохождения испытаний.
плохо	Неверные ответы на экзаменационные вопросы (либо отсутствие ответов) и вопросы на семинаре. Отчет по лабораторным работам неудовлетворительно либо отсутствуют. Пропуски семинарских занятий. Необходима дополнительная подготовка для успешного прохождения испытаний.

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 подготовки/специальности 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 05.12.2023, протокол № 2.