

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

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

Радиофизический факультет

Кафедра теории колебаний и автоматического регулирования

УТВЕРЖДЕНО

президиумом Ученого совета ННГУ

протокол от

30.11.2022 г. №13

Рабочая программа дисциплины

Моделирование нейроно-глиальных сетей мозга

Уровень высшего образования

Магистратура

Направление подготовки / специальность

03.04.03 - Радиофизика

Направленность образовательной программы

Нелинейные колебания и волны

Форма обучения

очная

Нижний Новгород

2023 год

1. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина Б1.В.ДВ.04.01, Моделирование нейроно-глиальных сетей мозга относится к части ОПОП направления подготовки 03.04.03 Радиофизика, формируемой участниками образовательных отношений, дисциплины по выбору Б1.В.ДВ.4

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	
ПК-1: Способен анализировать и обрабатывать научную информацию и результаты исследований в области физики и радиофизики при решении задач своей профессиональной деятельности	<p>ПК-1.1. Применяет принципы сбора и анализа информации, рассматривает и оценивает современные научные достижения, а также генерирует новые идеи при решении исследовательских и практических задач.</p> <p>ПК-1.2. Работает с большим объемом данных, систематизирует и анализирует информацию, полученную из различных источников, в том числе с использованием современных информационных и коммуникационных технологий.</p>	<p>ПК-1.1.: Знает и понимает основные понятия, необходимые для построения нейроно-глиальных моделей сетей.</p> <p>ПК-1.2. Умеет применять теоретические знания и основные методы нелинейной динамики для исследования математических моделей в нейробиологии, а также анализировать и представлять полученные данные.</p> <p>Владеть основными методами нелинейной динамики и бифуркационного анализа для исследования математических моделей в нейробиологии</p>	Тестирование Доклад, сообщение Практическое задание Собеседование
ПК-2: Способен выполнять теоретические и экспериментальные исследования и разработки по отдельным разделам тем научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ в области физики и радиофизики и оформл	<p>ПК-2.1. Анализирует современное состояние исследований в области физики и радиофизики, современные подходы к описанию и моделированию различных физических явлений и оценке полученных результатов.</p> <p>ПК-2.2. Выбирает и применяет аналитические, аналитико-численные, экспериментальные методы исследования в</p>	<p>ПК-2.1. Знает современные методические подходы к моделированию нейроно-глиальных сетей мозга.</p> <p>ПК-2.2 Умеет грамотно и обоснованно делать выбор между современными методами, применимыми к</p>	Доклад, сообщение Практическое задание

	соответствии с типом поставленной задачи. ПК-2.3. Участвует в планировании, подготовке и проведении НИР. ПК-2.4. Анализирует полученные данные, формулирует выводы и рекомендации по отдельным разделам тем в области физики и радиофизики.	созданию моделей нейронно-глиальных сетей мозга. ПК-2.3 Владеет навыками, позволяющими предсказать предполагаемые результаты в случае использования определенных методов для решения проблем в моделировании нейронных сетей. ПК-2.4. Умеет анализировать полученные данные, формулирует выводы и рекомендации по отдельным разделам тем в области физики и радиофизики.	
ПК-3: Способен разрабатывать и подготавливать составные части документации, проектов планов и программ проведения отдельных этапов научно-исследовательских и опытно-конструкторских разработок	ПК-3.1. Использует знание нормативных документов для составления заявок, грантов, проектов НИР, применяет заданные требования и правила при оформлении рукописей к публикации в рецензируемых научных изданиях. ПК-3.2. Представляет результаты НИР академическому и бизнессообществу. ПК-3.3. Участвует в составлении и подаче конкурсных заявок на выполнение научно-исследовательских и проектных работ по направленности Радиофизика.	ПК-3.1 Знает принципы и теоретические основы организации проектной деятельности, имеет представление о способах внедрения ее результатов в практику. ПК-3.2 Умеет грамотно представлять результаты НИР и анализировать успешность научных изысканий. ПК-3.3 Владеет навыками оценивания соответствия содержания научных исследований и проектных заданий нормативным документам, разработки рекомендаций по выполнению конкретных задач в области.	Тестирование Практическое задание Собеседование

3. Структура и содержание дисциплины

3.1. Трудоемкость дисциплины

	очная
Общая трудоемкость	3
Часов по учебному плану	108
в том числе	
аудиторные занятия (контактная работа):	
- занятия лекционного типа	32
- занятия семинарского типа (практические занятия /	0

лабораторные работы)	
- КСР	2
самостоятельная работа	29
Промежуточная аттестация	45 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	Занятия лабораторного типа	Всего	
	очная	Очная	очная	очная	очная	очная
1 Введение. Современные подходы к моделированию нейронных систем мозга. Вычислительная нейронаука	3	2	0	0	2	1
2. Модель Ходжкина-Хаксли. Потенциал покоя. Формализм воротных частиц и воротных переменных. Потенциал действия.	8	4	0	0	4	4
3. Упрощенные модели нейронов. Редукция уравнений Ходжкина-Хаксли. $I_{Na,t}$, $I_{Na,p}+I_K$ модели	6	4	0	0	4	2
4. Модель Фитц-Нагумо. Классы возбудимости динамических систем, пороговые множества и пороговое многообразие.	6	2	0	0	2	4
5. Отклик нейрона на импульсный внешний сигнал. Нейрон-интегратор	6	4	0	0	4	2
6. Резонансные свойства нейронов. Динамическое преобразование импульсных последовательностей	7	4	0	0	4	3

7. Синаптические связи. Гэп-контакт. Модели химических синапсов. Синаптическая пластичность. Кратковременная частотно-зависимая пластичность. Модели STDP пластичности	9	4	0	0	4	5
8. Нейронные сети. Архитектура синаптических связей. Синхронизация в сетях электрически связанных нейронов	8	4	0	0	4	4
9. Нейронные сети возбуждающих и тормозных нейронов с локальными и нелокальными связями. Корреляционный граф	8	4	0	0	4	4
Аттестация	45					
КСР	2				2	
Итого	108	32	0	0	34	29

Текущий контроль успеваемости реализуется в рамках: групповых консультаций, индивидуальных консультаций.

4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

Контрольные вопросы и задания для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины приведены в п. 5.2.

Для обеспечения самостоятельной работы обучающихся используются:

- электронный курс 1. Электронно-библиотечная система «Консультант студента». 2. Электронно-библиотечная система «Лань». 3. Электронно-библиотечная система «Znanium.com». 4. Электронно-библиотечная система «ЮРАЙТ». 5. Электронно-библиотечная система «Университетская библиотека ONLINE». 6. Научная электронная библиотека «eLIBRARY.RU». 7. <http://www.pirobot.org/blog/0007> 8. <http://www.scholarpedia.org/article/STDP> 9. http://www.scholarpedia.org/article/Models_of_synaptic_plasticity 10. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed> 11. [webofknowledge.com](http://www.webofknowledge.com) 12. www.scopus.com).

5. Фонд оценочных средств для промежуточной аттестации по дисциплине (модулю), включающий:

5.1. Описание шкал оценивания результатов обучения по дисциплине

	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, без ошибок.	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 отдельными 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 владения материалом. Невозможность оценить наличие навыков вследствие отказа обучающегося	При решении стандартных задач не продемонстрированы базовые навыки. Имели место	Имеется минимальный набор навыков для решения стандартных задач с некоторыми недочетами	Продemonстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторыми 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

	ося от ответа	грубые ошибки.					
--	------------------	-------------------	--	--	--	--	--

Шкала оценки 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», 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»
	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», ни одна из компетенций не сформирована на уровне «плохо»
	Плохо	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «плохо»

5.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения

(согласно оценочным средствам табл.2)

5.2.1 Контрольные вопросы

вопросы	Код формируемой компетенции
1. Дать определение гармонических колебаний.	ОПК 1-2
2. Какие колебания называют свободными / вынужденными?	ОПК 1-2
3. Линейные и нелинейные динамические системы	ОПК 1-2
4. Фазовый портрет и его свойства.	ОПК 1-2
5. Упрощенные модели нейронов. Редукция уравнений Ходжкина-Хаксли	ОПК 1-2
6. Модель Фитц-Нагумо. Классы возбудимости динамических систем	ОПК 1-2
7. Модели химических синапсов.	ОПК 1-2
8. Кратковременная частотно-зависимая пластичность	ОПК 1-2
9. Модели STDPпластичности	ОПК 1-2
10. Синхронизация в сетях электрически связанных нейронов	ОПК 1-2

5.2.2. Типовые тестовые задания для оценки сформированности компетенции ОПК-1-2, ОПК-1-3

1

Траектории динамических систем, такие как неподвижная точка и периодические траектории соответствуют следующим состояниям реальных систем

- ☐ **Стационарное состояние и периодические движения;**
- ☐ Движения с некоторым повторением их состояний во времени
- ☐ Состояния равновесия

2

Динамические системы называются автономными, если

- ☐ Правая часть системы явно зависит от времени
- ☐ **Правая часть системы явно не зависит от времени**
- ☐ Правая часть системы явно зависит от переменной

3

Динамическая система обладает свойством грубости если для нее справедливо, что

- ☐ **При малых изменениях параметров должна оставаться неизменной качественная структура разбиения фазового пространства на траектории**
- ☐ При больших изменениях параметров должна оставаться неизменной качественная структура разбиения фазового пространства на траектории
- ☐ При малых изменениях параметров должна оставаться неизменной зависимости переменной от времени

5.2.3. Типовые задания/задачи для оценки сформированности компетенции 1.3

Задача 1.

Исследовать динамику уравнения

а) $\dot{x} = \mu x + x^3$;

б) $\dot{x} = \mu x - x^3$.

Задача 2.

Исследовать динамику уравнения

$$\dot{\varphi} + \sin \varphi = -\gamma;$$

где параметр $\gamma > 0$.

Задача 3.

Определить тип состояний равновесия следующих систем:

$$\text{а) } \begin{cases} \dot{x}_1 = 6x_2, \\ \dot{x}_2 = x_1 - 2x_2; \end{cases}$$

$$\text{б) } \begin{cases} \dot{x}_1 = 6x_2, \\ \dot{x}_2 = x_1 + 2x_2; \end{cases}$$

$$\text{в) } \begin{cases} \dot{x}_1 = 3x_1, \\ \dot{x}_2 = x_1 - 4x_2; \end{cases}$$

$$\text{г) } \begin{cases} \dot{x}_1 = 3x_1, \\ \dot{x}_2 = x_1 + 4x_2; \end{cases}$$

Для состояний равновесия типа седло найдите уравнение сепаратрис, а для узлов – ведущие и неведущие направления.

Задача 4.

Классифицируйте состояния равновесия для различных значений параметра μ следующих систем:

$$\text{а) } \begin{cases} \dot{x}_1 = \mu x_1 - x_2, \\ \dot{x}_2 = x_1 + \mu x_2; \end{cases}$$

$$\text{б) } \begin{cases} \dot{x}_1 = x_2, \\ \dot{x}_2 = \mu x_1 - x_2; \end{cases}$$

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

а) основная литература:

1. Биофизика: учеб. для вузов./Артюхов В. Г., Ковалева Т. А., Наквасина М. А., Башарина О. В., Путинцева О. В. - М.: Академический Проект, 2013. - 294 с.

2. Гайворонский А. И., Гайворонский И. В., Ничипорук Г. И. Анатомия центральной нервной системы и органов чувств. М.: Юрайт, 2016. - 293 с. Доступ: Библиотека ННГУ; ЭБС - <https://biblio-online.ru/book/C2E806B1-1759-4B12-87F3-280CDA4DB0F9>

Некоркин В. И. - Лекции по основам теории колебаний: учеб. пособие для студентов ННГУ, специализирующихся в области радиофизики, приклад. математики и мат. моделирования. - Н. Новгород: Изд-во ННГУ, 2012. - 311 с. Доступ: Библиотека ННГУ

б) дополнительная литература:

1. Рубин А. Б. - Биофизика: в 2 т.: учеб. для студентов биол. спец. вузов. Т. 1. - М.: Кн. дом "Университет", 1999. - 448 с. Доступ: Библиотека ННГУ.

2. Рубин А. Б. - Биофизика: в 2 т. : учеб. для студентов биол. спец. вузов. Т. 2. - М.: Кн. дом "Университет", 2000. - 468 с. Доступ: Библиотека ННГУ.

3. Рабинович М. И., Трубецков Д. И. - Введение в теорию колебаний и волн. - М.: Наука, 1992. - 454, [1] с. Доступ: Библиотека ННГУ.

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

ОС Microsoft Windows (XP, Windows7, Windows8).

7. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

Помещения представляют собой учебные аудитории для проведения учебных занятий, предусмотренных программой, оснащенные оборудованием и техническими средствами обучения: Учебные аудитории для проведения занятий лекционного и семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, помещения для хранения и профилактического обслуживания учебного оборудования, укомплектованные специализированной мебелью и техническими средствами обучения. Помещения для самостоятельной работы обучающихся, оснащенные компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет»; и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду организации.

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 ФГОС ВО по направлению 03.04.03 - Радиофизика.

Автор(ы): Казанцев В.Б. д.ф.-м.н., доц., зав. каф. Нейротехнологий, С.Ю. Гордлеева к.ф.-м.н.

Рецензент(ы): Осипов Г.В., д.ф.-м.н., доц., зав. каф. теории управления и динамики систем ИИТММ

Заведующий кафедрой: Матросов В.В. д.ф.-м.н., проф.

Программа одобрена на заседании Методической комиссии радиофизического факультета, от 14.11.22, протокол № 08/22.