

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 / институт / филиал)

УТВЕРЖДЕНО  
решением ученого совета ННГУ  
протокол от  
«31» мая 2023 г. № 6

**Рабочая программа дисциплины (модуля)**

**Основы нейродинамики**  
(наименование дисциплины (модуля))

**Уровень высшего образования**  
**бакалавриат**  
(бакалавриат / магистратура / специалитет)

**Направление подготовки**  
**03.03.03 Радиофизика**

(указывается код и наименование направления подготовки / специальности)

**профиль**  
**Радиофизика и электроника**  
(указывается профиль / магистерская программа / специализация)

**Квалификация (степень)**  
**бакалавр**  
(бакалавр / магистр / специалист)

**Форма обучения**  
**очная**  
(очная / очно-заочная / заочная)

**Нижний Новгород**  
**2023 год**

## 1. Место и цели дисциплины (модуля) в структуре ОПОП

Дисциплина «Основы нейродинамики» относится к дисциплинам по выбору вариативной части (блок Б1.В.ДВ3) основной профессиональной образовательной программы (ОПОП) высшего образования по направлению подготовки 03.03.03 «Радиофизика» (уровень бакалавриата) на радиофизическом факультете ННГУ. Дисциплина изучается в 8-м семестре.

### Целями освоения дисциплины являются:

- формирование у студентов целостного представления о методах и подходах, применяемых для исследования динамики нейроноподобных генераторов;
- формирование умения использовать аналитические и численные методы для исследования динамики нейроноподобных генераторов,
- освоение навыков проведения компьютерных симуляций с применением современного языка программирования Python с библиотеками NumPy, Matplotlib.

## 2. Планируемые результаты обучения по дисциплине соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями выпускников)

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 осваивать принципы работы и методы эксплуатации современной и перспективной радиоэлектронной, оптической и акустической аппаратуры	ПК-1.1. Применяет теоретические основы создания и принципы функционирования радиоэлектронной, оптической и акустической аппаратуры ПК-1.2. Осваивает новые технологии радиоэлектронной, оптической и акустической аппаратуры, используя специальную, научную и учебную литературу	Знание основных методов теории динамических систем и вычислительных средств для исследования математических моделей нейродинамики Навык использования вычислительных средств для симуляции и анализа моделей нейродинамики	<i>Задача, собеседование</i>
ПК-2. Способен осваивать и	ПК-2.1. Анализирует современное состояние	Умение самостоятельно	Задача, собеседование

применять современные и перспективные методы проведения теоретических и экспериментальных исследований в области радиофизики	исследований в области физики и радиофизики, современные подходы к описанию и моделированию различных физических явлений и оценке полученных результатов. ПК-2.2. Выбирает и применяет аналитические, аналитико-численные, экспериментальные методы исследования в соответствии с типом поставленной задачи. ПК-2.3. Анализирует полученные данные, формулирует выводы и рекомендации в ходе планирования, подготовки, проведения НИР в области радиофизики.	приобретать новые знания в области нейродинамики и математического моделирования в нейробиологии	вание
--	--	--	-------

### 3. Структура и содержание дисциплины «Приложения нелинейной динамики к задачам передачи, обработки и хранения информации»

Объем дисциплины составляет 2 зачетные единицы, всего 72 часа, из которых 23 часов составляет контактная работа обучающегося с преподавателем (22 часа практические занятия, 1 час зачет), 49 часов составляет самостоятельная работа обучающегося.

#### Содержание дисциплины

Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины (модуля),  форма промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)	Всего (часы)			В том числе																
				Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы										Самостоятельная работа обучающегося, часы						
	из них																			
	Очная	Очно-заочная	Заочная	Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа	Занятия лабораторного типа	Консультации	Всего												
Очная										Очно-заочная	Заочная	Очная	Очно-заочная	Заочная						
Основы научных вычислений на	18													4				14		

языке Python																				
Основные методы численного решения дифференциальных уравнений	6						2								2				4	
Точечные модели нейронов	20						6								6				14	
Модели синаптической пластичности	12						4								4				8	
Компьютерные симуляции	15						6								6				9	
В т.ч.текущий контроль	2						2													
Промежуточная аттестация - Зачет																				

#### 4. Образовательные технологии

В соответствии с рабочей программой и тематическим планом изучение дисциплины проходит в виде аудиторной и самостоятельной работы студентов. Учебный процесс в аудитории осуществляется в форме лекционных занятий.

Образовательные технологии, способствующие формированию компетенций, используемые на занятиях лекционного типа:

- лекции с проблемным изложением учебного материала.

#### 5. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

Вопросы, которые должны быть проработаны в ходе самостоятельной работы:

1. Вычисления на языке Python. Типы данных. Функции. Классы.
2. Численные методы решения обыкновенных дифференциальных уравнений.
3. Описание нейронов с точки зрения теории динамических систем.
4. Биофизические процессы, лежащие в основе динамики возбудимых мембран.
5. Динамика мембранного потенциала нейрона в модели Ходжкина-Хаксли.
6. Редуцированные модели Ходжкина-Хаксли.
7. Гибридные модели спайковых нейронов.
8. Биофизика синаптической нейротрансмиссии.
9. Модели долговременной синаптической пластичности.

#### 6. Фонд оценочных средств для промежуточной аттестации по дисциплине,

включающий:

6.1. Перечень компетенций выпускников образовательной программы с указанием результатов обучения (знаний, умений, навыков), характеризующих этапы их формирования, описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования приведены в приложении 1.

## 6.2. Описание шкал оценивания

Индикаторы компетенции	ОЦЕНКИ СФОРМИРОВАННОСТИ КОМПЕТЕНЦИЙ	
	не зачтено	зачтено
<b>Полнота знаний</b>	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки.	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущены некоторые погрешности.
<b>Наличие умений</b>	При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения. Имели место грубые ошибки.	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с некоторыми погрешностями. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами.
<b>Наличие навыков (владение опытом)</b>	При решении стандартных задач не продемонстрированы базовые навыки. Имели место грубые ошибки.	Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторыми недочетами.
<b>Мотивация (личностное отношение)</b>	Учебная активность и мотивация слабо выражены, готовность решать поставленные задачи качественно отсутствует.	Учебная активность и мотивация проявляются на среднем или высоком уровне, демонстрируется готовность выполнять поставленные задачи на среднем уровне качества и выше.
<b>Характеристика сформированности компетенции</b>	Компетенция в полной мере не сформирована. Имеющихся знаний, умений. Навыков недостаточно для решения практических (профессиональных) задач. Требуется повторное обучение.	Сформированность компетенции в целом соответствует требованиям. Имеющихся знаний, умений, навыков и мотивации в целом достаточно для решения стандартных профессиональных задач.
<b>Уровень сформированности компетенций</b>	Низкий	Минимально допустимый и выше

## 6.3. Критерии и процедуры оценивания результатов обучения по дисциплине, характеризующих этапы формирования компетенций

Предусмотрена процедура аттестации обучающихся в форме зачета. Зачет включает устный опрос по контрольным вопросам. Отводимое на подготовку ответов время – около 1 академического часа. Промежуточный контроль сформированности компетенций в виде знаний обеспечивается ответами на контрольные вопросы, в виде умений – ответами на вопросы для самостоятельного изучения, в виде навыков – решением контрольных задач.

## 6.4. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения, характеризующих этапы формирования компетенций и (или) для итогового контроля сформированности компетенции.

Контрольные вопросы к зачёту для оценки компетенции ПК-2:

1. Вычисления на языке Python. Типы данных. Функции. Классы.
2. Численные методы решения обыкновенных дифференциальных уравнений.
3. Описание нейронов с точки зрения теории динамических систем.
4. Биофизические процессы, лежащие в основе динамики возбудимых мембран.
5. Динамика мембранного потенциала нейрона в модели Ходжкина-Хаксли.
6. Редуцированные модели Ходжкина-Хаксли.
7. Гибридные модели спайковых нейронов.
8. Биофизика синаптической нейротрансмиссии.
9. Модели долговременной синаптической пластичности.

Контрольные вопросы к зачёту для оценки компетенции ПК-1:

1. Основы программирования на языке Python. Работа с основными типами данных: словари, списки. Интерактивное использование.
2. Методы Эйлера и Рунге-Кутты для решения обыкновенных дифференциальных уравнений.
3. Потенциал Нернста.
4. Уравнение Гольдмана-Ходжкина-Каца.
5. Модель порогового интегратора.
6. Модель квадратичного интегратора.
7. Модель Ижикевича.
8. Фазовый портрет модели Фитцхью-Нагумо.
9. Подходы к моделированию синаптической проводимости
10. Модели синаптической пластичности.

Типовые контрольные задачи к зачёту для оценки компетенции ПК-1:

1. Построить фазовый портрет, вычислить реобазу нейрона, построить временные реализации переменных модели в присутствии постоянного приложенного тока различных значений для модели квадратичного интегратора в монобильном режиме.
  2. Построить фазовый портрет, вычислить реобазу нейрона, построить временные реализации переменных модели в присутствии постоянного приложенного тока различных значений для модели квадратичного интегратора в бистабильном режиме.
  3. Построить фазовый портрет, вычислить реобазу нейрона, построить временные реализации переменных модели в присутствии постоянного приложенного тока различных значений для модели Фитцхью-Нагумо.
  4. Построить фазовый портрет, вычислить реобазу нейрона, построить временные реализации переменных модели в присутствии постоянного приложенного тока различных значений для модели Ижикевича в режиме регулярных спайков.
  5. Построить фазовый портрет, вычислить реобазу нейрона, построить временные реализации переменных модели в присутствии постоянного приложенного тока различных значений для модели Ижикевича в режиме регулярных бёрстов.
  6. Построить фазовый портрет, вычислить реобазу нейрона, построить временные реализации переменных модели в присутствии постоянного приложенного тока различных значений для модели Ижикевича в режиме бистабильности.
  7. Построить временные реализации переменных модели Ходжкина-Хаксли в присутствии постоянного приложенного тока различных значений.
- 6.5. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания
1. Болховская О.В. и др. Методические материалы по определению процедур оценивания сформированности компетенций // Нижний Новгород: Нижегородский госуниверситет, 2023. 26 с.
  2. Приказ Минобрнауки от 12.03.2015 №225.

## 7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)

### а) основная литература:

1. Прокин И.С., Симонов А.Ю., Казанцев В.Б. Математическое моделирование нейродинамических систем // Нижний Новгород: Нижегородский госуниверситет, 2012. 42 с. [Доступно онлайн]. URL: [http://www.unn.ru/pages/e-library/methodmaterial/files/14\\_prokin\\_2012\\_asp.pdf](http://www.unn.ru/pages/e-library/methodmaterial/files/14_prokin_2012_asp.pdf)
2. Симонов А.Ю. Введение в динамику сигнальных процессов в нейронных сетях мозга (Блок лекций по аспектам высокопроизводительных вычислений) // Нижний Новгород: Нижегородский госуниверситет. 2014 [Доступно онлайн]. URL: [http://hpc-education.unn.ru/files/5-100-Materials/7.1.1\\_Courses/14/Лекции\\_Симонов\\_введение.pdf](http://hpc-education.unn.ru/files/5-100-Materials/7.1.1_Courses/14/Лекции_Симонов_введение.pdf)
3. Баркалов К.А. Образовательный комплекс «Параллельные численные методы». Лекционные материалы // Нижний Новгород: Нижегородский госуниверситет, 2011. [Доступно онлайн]. URL: <http://www.hpcc.unn.ru/file.php?id=638>

### б) дополнительная литература:

1. Андронов А.А., Витт А.А., Хайкин С.Э. Теория колебаний. М.: Наука, 1981. [Доступна в библиотеке ННГУ].
2. Рабинович М.И., Трубецков Д.И. Введение в теорию колебаний и волн. М.: Наука, 1992. 454 с. [Доступна в библиотеке ННГУ].
3. Матросов В.В. Динамика нелинейных систем. Программный комплекс для исследования нелинейных динамических систем с непрерывным временем. Н. Новгород. ННГУ. 2002. [Доступно онлайн]. URL: [http://www.rf.unn.ru/rus/ktk/sites/default/files/manual\\_matrosov\\_dns.PDF](http://www.rf.unn.ru/rus/ktk/sites/default/files/manual_matrosov_dns.PDF)
4. Мотова М.И. Исследование динамики систем с разрывными колебаниями// ННГУ. 2010. [Доступно онлайн]. URL: [http://www.rf.unn.ru/rus/ktk/sites/default/files/manual\\_motova\\_break.doc](http://www.rf.unn.ru/rus/ktk/sites/default/files/manual_motova_break.doc)
5. Некоркин В.И. Лекции по основам теории колебаний// ННГУ. 2012. [Доступна в библиотеке ННГУ].

### в) Интернет-ресурсы:

1. Интерактивный курс изучения основ программирования на языке Python на русском языке. [Электронный ресурс]. URL: <http://pythontutor.ru/>
2. Портал “Python для начинающих”. [Электронный ресурс]. URL: <https://pythonworld.ru/>
3. Учебник Python 2.6. [Электронный ресурс]. URL: [https://ru.wikibooks.org/wiki/Python/Учебник\\_Python\\_2.6](https://ru.wikibooks.org/wiki/Python/Учебник_Python_2.6)
4. Учебник Python 3.1. [Электронный ресурс]. URL: [https://ru.wikibooks.org/wiki/Python/Учебник\\_Python\\_3.1](https://ru.wikibooks.org/wiki/Python/Учебник_Python_3.1)
5. Программирование и научные вычисления на языке Python. [Электронный ресурс]. URL: [https://ru.wikiversity.org/wiki/Программирование\\_и\\_научные\\_вычисления\\_на\\_языке\\_Python](https://ru.wikiversity.org/wiki/Программирование_и_научные_вычисления_на_языке_Python)

6. Электрические свойства клеточных мембран. [Электронный ресурс].  
URL: [http://www.scholarpedia.org/article/Electrical\\_properties\\_of\\_cell\\_membranes](http://www.scholarpedia.org/article/Electrical_properties_of_cell_membranes)
7. Модель Фитцхью-Нагумо. [Электронный ресурс].  
URL: [http://www.scholarpedia.org/article/FitzHugh-Nagumo\\_model](http://www.scholarpedia.org/article/FitzHugh-Nagumo_model)
8. Нейрон. [Электронный ресурс].  
URL: <http://www.scholarpedia.org/article/Neuron>
9. Динамические системы. [Электронный ресурс].  
URL: [http://www.scholarpedia.org/article/Dynamical\\_systems](http://www.scholarpedia.org/article/Dynamical_systems)

## **8. Материально-техническое обеспечение дисциплины**

Компьютерная аудитория.

Проектор, экран для показа слайдов презентаций.

### **Программное обеспечение.**

1. Операционная система семейства Linux (Ubuntu, Debian, Linux Mint). Свободное ПО.  
URL: [https://ru.wikipedia.org/wiki/Список\\_дистрибутивов\\_Linux](https://ru.wikipedia.org/wiki/Список_дистрибутивов_Linux)
2. Наиболее новая версия Python 2.X или 3.X. Свободное ПО. Лицензия Python Software Foundation License – BSD-подобная, GPL-совместимая.  
URL: [python.org](http://python.org)
3. Интерпретатор IPython. Свободное ПО. Лицензия BSD.  
URL: <https://ipython.org/>
4. Библиотека Matplotlib. Свободное ПО. Лицензия matplotlib licence – BSD-подобная URL: <https://matplotlib.org>
5. Библиотека NumPy. Свободное ПО. Лицензия BSD. URL: <http://numpy.org/>
6. Библиотека SciPy. Свободное ПО. Лицензия BSD. URL: <http://scipy.org/>
7. Библиотека PyDSTool. Свободное ПО. Лицензия BSD.  
URL: <http://www.ni.gsu.edu/~rclewley/PyDSTool/FrontPage.html>

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО с учетом рекомендаций и ОПОП ВПО по направлению ФИИТ.

Автор \_\_\_\_\_ Симонов А.Ю.

Рецензент \_\_\_\_\_ Осипов Г.В.

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_ Матросов В.В.



Программа одобрена на заседании методической комиссии радиофизического факультета от «25» мая 2023 года, протокол № 04/23.