

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

---

УТВЕРЖДЕНО

решением президиума Ученого совета ННГУ

протокол № 1 от 16.01.2024 г.

**Рабочая программа дисциплины**

Основы нейродинамики

---

Уровень высшего образования

Бакалавриат

---

Направление подготовки / специальность

03.03.03 - Радиофизика

---

Направленность образовательной программы

Радиофизика и электроника

---

Форма обучения

очная

---

г. Нижний Новгород

2024 год начала подготовки

## 1. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина Б1.В.ДВ.03.05 Основы нейродинамики 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-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	ПК-1.1: Знание основных методов теории динамических систем и вычислительных средств для исследования моделей нейродинамики  ПК-1.2: Навык использования вычислительных средств для симуляции и анализа моделей нейродинамики	Собеседование	Зачёт: Контрольные вопросы
ПК-2: Способен осваивать и применять современные и перспективные методы проведения теоретических и экспериментальных исследований в области радиофизики	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 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	ПК-2.1: Умение самостоятельно приобретать новые знания в области нейродинамики и математического моделирования в нейробиологии  ПК-2.2: Умение самостоятельно выбрать и применить аналитические, аналитико-численные, экспериментальные методы исследования в области нейродинамики и математического моделирования в нейробиологии  ПК-2.3: Умение самостоятельно	Собеседование	Зачёт: Задания

	радиофизики	формулировать выводы и интерпретировать результаты исследований в области нейродинамики и математического моделирования в нейробиологии		
--	-------------	---	--	--

### 3. Структура и содержание дисциплины

#### 3.1 Трудоемкость дисциплины

	<b>очная</b>
<b>Общая трудоемкость, з.е.</b>	<b>2</b>
<b>Часов по учебному плану</b>	<b>72</b>
в том числе	
<b>аудиторные занятия (контактная работа):</b>	
- занятия лекционного типа	<b>0</b>
- занятия семинарского типа (практические занятия / лабораторные работы)	<b>22</b>
- КСР	<b>1</b>
<b>самостоятельная работа</b>	<b>49</b>
<b>Промежуточная аттестация</b>	<b>0</b> <b>Зачёт</b>

#### 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/лабораторные работы), часы	Всего	
	0 Ф 0	0 Ф 0	0 Ф 0	0 Ф 0	0 Ф 0
Основы научных вычислений на языке Python	18		4	4	14
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
Аттестация	0				

КСР	1			1	
Итого	72	0	22	23	49

### Содержание разделов и тем дисциплины

Основы научных вычислений на языке Python  
 Основные методы численного решения дифференциальных уравнений  
 Точечные модели нейронов  
 Модели синаптической пластичности  
 Компьютерные симуляции

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 - 4 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.

Подготовка по контрольным вопросам

#### 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 - Собеседование) для оценки сформированности компетенции ПК-1:

:

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.

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

1. Динамика мембранного потенциала нейрона в модели Ходжкина-Хаксли.
2. Редуцированные модели Ходжкина-Хаксли.

3. Гибридные модели спайковых нейронов.
4. Биофизика синаптической нейротрансмиссии.
5. Модели долговременной синаптической пластичности.

### Критерии оценивания (оценочное средство - Собеседование)

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	Минимально допустимый уровень знаний и выше. Допущенные ошибки не являлись грубыми. Продемонстрированы основные умения. Решены типовые задачи, возможны негрубые ошибки. Выполнены все задания. Имеется минимальный и выше набор навыков для решения стандартных задач, допускаются некоторые недочеты
не зачтено	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки. При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения и базовые навыки

### 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	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	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 отдельными недочетами и,	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме без недочетов

				с недочетами		выполнены все задания в полном объеме	
<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 некоторыми недочетами	Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторыми 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	<b>превосходно</b>	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
	<b>отлично</b>	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «отлично».
	<b>очень хорошо</b>	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «очень хорошо»
	<b>хорошо</b>	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «хорошо».
	<b>удовлетворительно</b>	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	<b>неудовлетворительно</b>	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «неудовлетворительно».
	<b>плохо</b>	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-1

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.
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.

### Критерии оценивания (оценочное средство - Контрольные вопросы)

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	Минимально допустимый уровень знаний и выше. Допущенные ошибки не являлись грубыми. Продемонстрированы основные умения. Решены типовые задачи, возможны негрубые ошибки. Выполнены все задания. Имеется минимальный и выше набор навыков для решения стандартных задач, допускаются некоторые недочеты
не зачтено	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки. При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения и базовые навыки

### 5.3.2 Типовые задания (оценочное средство - Задания) для оценки сформированности компетенции ПК-2

Задача 1. Построить фазовый портрет, вычислить реобазу нейрона, построить временные реализации переменных модели в присутствии постоянного приложенного тока различных значений для модели квадратичного интегратора в монопольном режиме.

Задача 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.

Задача 3. Построить фазовый портрет, вычислить реобазу нейрона, построить временные реализации переменных модели в присутствии постоянного приложенного тока различных значений для Фитцхью-Нагумо.

Задача 4. Построить фазовый портрет, вычислить реобазу нейрона, построить временные реализации переменных модели в присутствии постоянного приложенного тока различных значений для Ижикевича в режиме регулярных спайков.

Задача 5. Построить фазовый портрет, вычислить реобазу нейрона, построить временные реализации переменных модели в присутствии постоянного приложенного тока различных значений для Ижикевича в режиме регулярных бёрстов.

Задача 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.

Задача 7. Построить временные реализации переменных модели Ходжкина-Хаксли в присутствии постоянного приложенного тока различных значений.

### Критерии оценивания (оценочное средство - Задания)

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	Минимально допустимый уровень знаний и выше. Допущенные ошибки не являлись грубыми. Продемонстрированы основные умения. Решены типовые задачи, возможны негрубые ошибки. Выполнены все задания. Имеется минимальный и выше набор навыков
не зачтено	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки. При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения и базовые навыки

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

Основная литература:

1. Прокин И. С. Математическое моделирование нейродинамических систем : учебно-методическое пособие / И. С. Прокин, А. Ю. Симонов, В. Б. Казанцев ; ННГУ им. Н. И. Лобачевского. - Нижний Новгород : Изд-во ННГУ, 2012. - 40 с. - Текст : электронный., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=851311&idb=0>.
2. Большаков Денис Иванович. Экспериментальное исследование генерации импульсных нейроподобных колебаний в системе фазовой автоподстройки частоты с полосовым фильтром : учебно-методическое пособие / Д. И. Большаков, В. В. Матросов, М. А. Мищенко ; ННГУ им. Н. И. Лобачевского. - Нижний Новгород : Изд-во ННГУ, 2024. - 24 с. - Текст : электронный., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=892339&idb=0>.

Дополнительная литература:

1. Андронов Александр Александрович. Теория колебаний / с предисл. Л. И. Мандельштама. - 2-е

изд. - М. : Наука, 1981. - 568 с. : ил. - 2.60., 274 экз.

2. 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.

3. Рабинович Михаил Израилевич. Введение в теорию колебаний и волн : учеб. пособие для физ. специальностей вузов. - М. : Наука, Гл. ред. физ.-мат. лит., 1984. - 432 с. : ил. - 1.30., 161 экз.

4. 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.

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

Интернет ресурсы

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.hpc.unn.ru/file.php?id=638>

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)

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)

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>

## **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 ФГОС ВО по направлению подготовки/специальности 03.03.03 - Радиофизика.

Автор(ы): Мищенко Михаил Андреевич, кандидат физико-математических наук.

Рецензент(ы): Осипов Григорий Владимирович, доктор физико-математических наук.

Заведующий кафедрой: Матросов Валерий Владимирович, доктор физико-математических наук.

Программа одобрена на заседании методической комиссии от 18 декабря 2023 г., протокол № 09/23.