

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

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

Высшая школа общей и прикладной физики

---

УТВЕРЖДЕНО

решением президиума Ученого совета ННГУ

протокол № 1 от 16.01.2024 г.

**Рабочая программа дисциплины**

Основы вычислительной нейробиологии

---

Уровень высшего образования

Магистратура

---

Направление подготовки / специальность

03.04.02 - Физика

---

Направленность образовательной программы

Общая и прикладная физика

---

Форма обучения

очная

---

г. Нижний Новгород

2024 год начала подготовки

## 1. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина Б1.В.ДВ.04.01.03 Основы вычислительной нейробиологии 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<br>(код, содержание компетенции)  | Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), в соответствии с индикатором достижения компетенции  |  | Наименование оценочного средства   |   |
|---|--|--|------------------------------------|---|
|   | Индикатор достижения компетенции<br>(код, содержание индикатора)   | Результаты обучения по дисциплине  | Для текущего контроля успеваемости | Для промежуточной аттестации              |
| ПК-2: Способен самостоятельно анализировать, не предвзято оценивать и ориентироваться в передовых теоретических концепциях и достижениях современной физики                                 | ПК-2.1: Демонстрация способности самостоятельно анализировать, не предвзято оценивать и ориентироваться в передовых теоретических концепциях и достижениях современной физики                                | ПК-2.1:<br>Знать базовые принципы кодирования и обработки информации в нейронных сетях мозга, основные модели нервных клеток, синапсов и нейронных сетей, базовые модели обучения нейронных сетей<br>Уметь анализировать активность нейронов и нейронных сетей, создавать и настраивать модели обработки информации, обучать нейронные сети для решения простых вычислительных задач<br>Владеть навыками моделирования динамики отдельных нейронов и нейронных сетей, обучения нейронных сетей | Задачи                             | Экзамен:<br>Задачи<br>Контрольные вопросы |
| ПК-3: Способен свободно владеть разделами физики, необходимыми для решения научно-инновационных задач, и применять результаты научных исследований в инновационной и проектной деятельности | ПК-3.1: Демонстрация способности свободно владеть разделами физики, необходимыми для решения научноинновационных задач, и применять результаты научных исследований в инновационной и проектной деятельности | ПК-3.1:<br>Обладать знаниями в соответствующих разделах физики, необходимыми для решения научно-инновационных задач, и применять результаты научных исследований в инновационной и проектной деятельности<br>Уметь применять полученные знания в инновационной и проектной деятельности  | Задачи                             | Экзамен:<br>Задачи<br>Контрольные вопросы |

|  |  |   |  |  |
|--|--|---|--|--|
|  |  | Владеть навыками применения результатов научных исследований в инновационной и проектной деятельности |  |  |
|--|--|---|--|--|

### 3. Структура и содержание дисциплины

#### 3.1 Трудоемкость дисциплины

|  | очная                       |
|--|-----------------------------|
| <b>Общая трудоемкость, з.е.</b>  | <b>3</b>                    |
| <b>Часов по учебному плану</b>   | <b>108</b>                  |
| в том числе  |                             |
| <b>аудиторные занятия (контактная работа):</b>                           |                             |
| - занятия лекционного типа   | <b>16</b>                   |
| - занятия семинарского типа (практические занятия / лабораторные работы) | <b>16</b>                   |
| - КСР  | <b>2</b>                    |
| <b>самостоятельная работа</b>  | <b>38</b>                   |
| <b>Промежуточная аттестация</b>  | <b>36</b><br><b>Экзамен</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<br>(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       |   |
|   | о<br>ф<br>о     | о<br>ф<br>о  | о<br>ф<br>о  | о<br>ф<br>о | о<br>ф<br>о                               |
| Тема 1. Основы нейробиологии                          | 8               | 2  | 2  | 4           | 4   |
| Тема 2. Кодирование информации в нейронных сетях      | 8               | 2  | 2  | 4           | 4   |
| Тема 3. Извлечение информации из нейронной активности | 9               | 2  | 2  | 4           | 5   |
| Тема 4. Основы теории информации                      | 9               | 2  | 2  | 4           | 5   |
| Тема 5. Моделирование динамики нейронов               | 9               | 2  | 2  | 4           | 5   |
| Тема 6. Моделирование синапсов и нейронных сетей      | 9               | 2  | 2  | 4           | 5   |
| Тема 7. Синаптическая пластичность и обучение         | 9               | 2  | 2  | 4           | 5   |
| Тема 8. Обучение с подкреплением                      | 9               | 2  | 2  | 4           | 5   |
| Аттестация  | 36              |  |  |             |   |

|       |     |    |    |    |    |
|-------|-----|----|----|----|----|
| КСР   | 2   |    |    | 2  |    |
| Итого | 108 | 16 | 16 | 34 | 38 |

### Содержание разделов и тем дисциплины

Тема 1. Основы нейробиологии  
Тема 2. Кодирование информации в нейронных сетях  
Тема 3. Извлечение информации из нейронной активности  
Тема 4. Основы теории информации  
Тема 5. Моделирование динамики нейронов  
Тема 6. Моделирование синапсов и нейронных сетей  
Тема 7. Синаптическая пластичность и обучение  
Тема 8. Обучение с подкреплением

#### 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.

а) основная литература:

Dayan, P., & Abbott, L. F. (2001). Theoretical Neuroscience : Computational and Mathematical Modeling of Neural Systems. Cambridge, Mass: The MIT Press.

б) дополнительная литература:

Ижикевич Е.М. (2018) Динамические системы в нейронауке. Геометрия возбудимости и пачечной активности. Ижевск: Институт компьютерных технологий.

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

<https://www.coursera.org/learn/computational-neuroscience>

#### 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 - Задачи) для оценки сформированности компетенции ПК-2:**

Задача 1.1. Пусть стимул  $s$  может принимать одно из значений  $s_1$  или  $s_2$  с равной вероятностью. Пусть отклик нейрона  $r$  на стимул  $s_1$  имеет Гауссово распределение со средним  $\langle r \rangle = 5$  и СКО  $= 0.5$ , а отклик на стимул  $s_2$  имеет Гауссово распределение со средним  $\langle r \rangle = 7$  и СКО  $= 1$ . Пусть цена ошибочного ответа  $s_2$  в два раза выше цены ошибочного ответа  $s_1$ . Определить оптимальную величину порога  $r$  для принятия решения.

Задача 1.2. Пусть на нейрон подается стимул с вероятностью 1/10. При получении стимула нейрон генерирует спайк с вероятностью 1/2, а в отсутствии стимула – с вероятностью 1/18. Вычислить взаимную информацию между стимулом и активностью нейрона.

Задача 1.3. Модель нейрона ФитцХью-Нагумо задается системой уравнений  $dV/dt = V(a-V)(V-1)-w+I$ ,  $dw/dt = bV-cw$ . Построить фазовый портрет системы при значениях параметров  $a=1/2$ ,  $I = 1$ ,  $b = 1/2$ ,  $c = 1$ .

Задача 1.4. Модель нейрона накопление и сброс задается уравнением  $dV/dt = I - V$ , пороговое значение  $V_{th} = 1$ , период рефрактерности  $T_R = 1$ . Построить зависимость частоты спайков нейрона от величины стимула  $I$ .

### 5.1.2 Типовые задания (оценочное средство - Задачи) для оценки сформированности компетенции ПК-3:

Задача 1.5. Рассмотрим линейную рекуррентную сеть, состоящую из 5 входных и 5 выходных нейронов. Пусть матрица весов имеет вид

$$W = [0.6 \ 0.1 \ 0.1 \ 0.1 \ 0.1;$$

$$0.1 \ 0.6 \ 0.1 \ 0.1 \ 0.1;$$

$$0.1 \ 0.1 \ 0.6 \ 0.1 \ 0.1;$$

$$0.1 \ 0.1 \ 0.1 \ 0.6 \ 0.1;$$

$$0.1 \ 0.1 \ 0.1 \ 0.1 \ 0.6],$$

вектор входного сигнала имеет вид

$$u = [0.6 \ 0.5 \ 0.6 \ 0.2 \ 0.1]^T,$$

а рекуррентная матрица весов имеет вид

$$M = [-0.5 \ 0 \ 0.5 \ 0.5 \ 0;$$

$$0 \ -0.5 \ 0 \ 0.5 \ 0.5;$$

$$0.5 \ 0 \ -0.5 \ 0 \ 0.5;$$

$$0.5 \ 0.5 \ 0 \ -0.5 \ 0;$$

$$0 \ 0.5 \ 0.5 \ 0 \ -0.5].$$

Вычислите выходной вектор в состоянии равновесия.

Задача 1.6. Рассмотрим линейную сеть прямого распространения с двумя входными и одним выходным нейроном. Пусть корреляционная матрица входных сигналов имеет вид

$Q=[0.2 \ 0.1;$

$0.1 \ 0.15]$

Пусть при обучении сети веса изменяются в соответствии с правилом Хебба. Определить окончательный вид вектора весов  $w$ .

Задача 1.7. Предложить сеть в виде двуслойного персептрона, осуществляющую операцию исключающего или над двумя логическими переменными.

### Критерии оценивания (оценочное средство - Задачи)

| Оценка              | Критерии оценивания   |
|---------------------|---|
| превосходно         | Уровень знаний в объеме, превышающем программу подготовки. Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме без недочетов. Продемонстрирован творческий подход к решению нестандартных задач.   |
| отлично             | Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки, без ошибок. Продемонстрированы все основные умения, решены все основные задачи с отдельными несущественными недочетами, выполнены все задания в полном объеме. Продемонстрированы навыки при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов.   |
| очень хорошо        | Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько несущественных ошибок. Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами. Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач без ошибок и недочетов.                 |
| хорошо              | Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько негрубых ошибок. Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами. Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторыми недочетами. |
| удовлетворительно   | Минимально допустимый уровень знаний. Допущено много негрубых ошибки. Продемонстрированы основные умения. Решены типовые задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания но не в полном объеме. Имеется минимальный набор навыков для решения стандартных задач с некоторыми недочетами.   |
| неудовлетворительно | Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки. При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения. Имели место грубые ошибки. При решении стандартных задач не продемонстрированы базовые навыки. Имели место грубые ошибки.   |
| плохо               | Отсутствие знаний теоретического материала. Невозможность оценить полноту знаний вследствие отказа обучающегося от ответа. Отсутствие   |

| Оценка | Критерии оценивания  |
|--------|--|
|        | минимальных умений . Невозможность оценить наличие умений вследствие отказа обучающегося от ответа. Отсутствие владения материалом.<br>Невозможность оценить наличие навыков вследствие отказа обучающегося от ответа. |

## 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   |  |   |  |
| <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 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 базовых навыков. Невозможность оценить наличие навыков вследствие отказа                                       | При решении стандартных задач не продемонстрированы базовые навыки. Имели место грубые ошибки  | Имеется минимальный набор навыков для решения стандартных задач с  | Продemonстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторым   | Продemonстрированы базовые навыки при решении стандартных задач без ошибок и   | Продemonстрированы навыки при решении нестандартных задач без   | Продemonстрирован творческий подход к решению нестандартных задач  |

|  |                           |  |                              |                 |           |                       |  |
|--|---------------------------|--|------------------------------|-----------------|-----------|-----------------------|--|
|  | обучающегося от<br>ответа |  | некоторым<br>и<br>недочетами | и<br>недочетами | недочетов | ошибок и<br>недочетов |  |
|--|---------------------------|--|------------------------------|-----------------|-----------|-----------------------|--|

### 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 - Задачи) для оценки сформированности компетенции ПК-2

Задача 1.1. Пусть стимул  $s$  может принимать одно из значений  $s_1$  или  $s_2$  с равной вероятностью. Пусть отклик нейрона  $r$  на стимул  $s_1$  имеет Гауссово распределение со средним  $\langle r \rangle = 5$  и СКО  $= 0.5$ , а отклик на стимул  $s_2$  имеет Гауссово распределение со средним  $\langle r \rangle = 7$  и СКО  $= 1$ . Пусть цена ошибочного ответа  $s_2$  в два раза выше цены ошибочного ответа  $s_1$ . Определить оптимальную величину порога  $r$  для принятия решения.

Задача 1.2. Пусть на нейрон подается стимул с вероятностью  $1/10$ . При получении стимула нейрон генерирует спайк с вероятностью  $1/2$ , а в отсутствии стимула – с вероятностью  $1/18$ . Вычислить взаимную информацию между стимулом и активностью нейрона.

Задача 1.3. Модель нейрона ФитцХью-Нагумо задается системой уравнений  $dV/dt = V(a-V)(V-1)-w+I$ ,  $dw/dt = bV-cw$ . Построить фазовый портрет системы при значениях параметров  $a=1/2$ ,  $I = 1$ ,  $b = 1/2$ ,  $c = 1$ .



Задача 1.4. Модель нейрона накопление и сброс задается уравнением  $dV/dt = I - V$ , пороговое значение  $V_{th} = 1$ , период рефрактерности  $T_R = 1$ . Построить зависимость частоты спайков нейрона от величины стимула  $I$ .

### 5.3.2 Типовые задания (оценочное средство - Задачи) для оценки сформированности компетенции ПК-3

Задача 1.5. Рассмотрим линейную рекуррентную сеть, состоящую из 5 входных и 5 выходных нейронов. Пусть матрица весов имеет вид

$$W = [0.6 \ 0.1 \ 0.1 \ 0.1 \ 0.1;$$

$$0.1 \ 0.6 \ 0.1 \ 0.1 \ 0.1;$$

$$0.1 \ 0.1 \ 0.6 \ 0.1 \ 0.1;$$

$$0.1 \ 0.1 \ 0.1 \ 0.6 \ 0.1;$$

$$0.1 \ 0.1 \ 0.1 \ 0.1 \ 0.6],$$

вектор входного сигнала имеет вид

$$u = [0.6 \ 0.5 \ 0.6 \ 0.2 \ 0.1] T,$$

а рекуррентная матрица весов имеет вид

$$M = [-0.5 \ 0 \ 0.5 \ 0.5 \ 0;$$

$$0 \ -0.5 \ 0 \ 0.5 \ 0.5;$$

$$0.5 \ 0 \ -0.5 \ 0 \ 0.5;$$

$$0.5 \ 0.5 \ 0 \ -0.5 \ 0;$$

$$0 \ 0.5 \ 0.5 \ 0 \ -0.5].$$

Вычислите выходной вектор в состоянии равновесия.

Задача 1.6. Рассмотрим линейную сеть прямого распространения с двумя входными и одним выходным нейроном. Пусть корреляционная матрица входных сигналов имеет вид

$$Q = [0.2 \ 0.1;$$

$$0.1 \ 0.15]$$

Пусть при обучении сети веса изменяются в соответствии с правилом Хебба. Определить окончательный вид вектора весов  $w$ .

Задача 1.7. Предложить сеть в виде двуслойного персептрона, осуществляющую операцию исключающего или над двумя логическими переменными.

### Критерии оценивания (оценочное средство - Задачи)

| Оценка              | Критерии оценивания   |
|---------------------|---|
| превосходно         | Уровень знаний в объеме, превышающем программу подготовки. Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме без недочетов. Продемонстрирован творческий подход к решению нестандартных задач.   |
| отлично             | Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки, без ошибок. Продемонстрированы все основные умения, решены все основные задачи с отдельными несущественными недочетами, выполнены все задания в полном объеме. Продемонстрированы навыки при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов.   |
| очень хорошо        | Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько несущественных ошибок. Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами. Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач без ошибок и недочетов.                   |
| хорошо              | Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько негрубых ошибок. Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами. Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторыми недочетами.   |
| удовлетворительно   | Минимально допустимый уровень знаний. Допущено много негрубых ошибки. Продемонстрированы основные умения. Решены типовые задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания но не в полном объеме. Имеется минимальный набор навыков для решения стандартных задач с некоторыми недочетами.   |
| неудовлетворительно | Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки. При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения. Имели место грубые ошибки. При решении стандартных задач не продемонстрированы базовые навыки. Имели место грубые ошибки.   |
| плохо               | Отсутствие знаний теоретического материала. Невозможность оценить полноту знаний вследствие отказа обучающегося от ответа. Отсутствие минимальных умений . Невозможность оценить наличие умений вследствие отказа обучающегося от ответа. Отсутствие владения материалом. Невозможность оценить наличие навыков вследствие отказа обучающегося от ответа. |

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

1. Описательные, механистические и интерпретирующие модели нейронных сетей
2. Нервные клетки. Синаптические соединения и их основные свойства
3. Основные структуры мозга человека и их функции
4. Основные методики записи активности мозга
5. Базовые модели кодирования информации в нейронных сетях
6. Моделирование вариабельной активности нейронных сетей
7. Основы теории детектирования сигналов и декодирование нейронной активности
8. Популяционное кодирование и Байесовская оценка решения
9. Информация, взаимная информация и энтропия
10. Базовые принципы нейронного кодирования информации
11. Модели нейрона типа Ходжкина-Хаксли
12. Упрощенные модели нейронов
13. Модели синаптических соединений
14. Нейронные сети прямого распространения и рекуррентные сети
15. Синаптическая пластичность, правило Хебба и статистическое обучение
16. Принципы предсказывающего (предиктивного) кодирования
17. Классификация и обучение с учителем
18. Обучение с подкреплением

#### **5.3.4 Типовые задания (оценочное средство - Контрольные вопросы) для оценки сформированности компетенции ПК-3**

1. Описательные, механистические и интерпретирующие модели нейронных сетей
2. Нервные клетки. Синаптические соединения и их основные свойства
3. Основные структуры мозга человека и их функции
4. Основные методики записи активности мозга
5. Базовые модели кодирования информации в нейронных сетях
6. Моделирование вариабельной активности нейронных сетей
7. Основы теории детектирования сигналов и декодирование нейронной активности
8. Популяционное кодирование и Байесовская оценка решения
9. Информация, взаимная информация и энтропия
10. Базовые принципы нейронного кодирования информации
11. Модели нейрона типа Ходжкина-Хаксли
12. Упрощенные модели нейронов
13. Модели синаптических соединений
14. Нейронные сети прямого распространения и рекуррентные сети

15. Синаптическая пластичность, правило Хебба и статистическое обучение
16. Принципы предсказывающего (предиктивного) кодирования
17. Классификация и обучение с учителем
18. Обучение с подкреплением

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

| Оценка              | Критерии оценивания   |
|---------------------|---|
| превосходно         | Уровень знаний в объеме, превышающем программу подготовки. Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме без недочетов. Продемонстрирован творческий подход к решению нестандартных задач.   |
| отлично             | Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки, без ошибок. Продемонстрированы все основные умения, решены все основные задачи с отдельными несущественными недочетами, выполнены все задания в полном объеме. Продемонстрированы навыки при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов.   |
| очень хорошо        | Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько несущественных ошибок. Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами. Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач без ошибок и недочетов.                 |
| хорошо              | Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько негрубых ошибок. Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами. Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторыми недочетами. |
| удовлетворительно   | Минимально допустимый уровень знаний. Допущено много негрубых ошибки. Продемонстрированы основные умения. Решены типовые задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания но не в полном объеме. Имеется минимальный набор навыков для решения стандартных задач с некоторыми недочетами.   |
| неудовлетворительно | Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки. При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения. Имели место грубые ошибки. При решении стандартных задач не продемонстрированы базовые навыки. Имели место грубые ошибки.   |
| плохо               | Отсутствие знаний теоретического материала. Невозможность оценить полноту знаний вследствие отказа обучающегося от ответа. Отсутствие минимальных умений . Невозможность оценить наличие умений вследствие отказа обучающегося от ответа. Отсутствие владения материалом. Невозможность оценить наличие навыков вследствие отказа обучающегося от       |

| Оценка | Критерии оценивания |
|--------|---------------------|
|        | ответа.             |

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

Основная литература:

1. Нейронные сети, генетические алгоритмы и нечеткие системы / Рутковская Д., Пилиньский М., Рутковский Л. - Москва : Горячая линия - Телеком, 2012., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=646138&idb=0>.
2. Барский А. Б. Искусственный интеллект и логические нейронные сети : курс лекций / Барский А. Б. - Санкт-Петербург : Интермедия, 2019. - 360 с. - Книга из коллекции Интермедия - Информатика. - ISBN 978-5-4383-0155-4., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=880301&idb=0>.
3. Белозерова Г. И. Нечеткая логика и нейронные сети. Часть I : Учебное пособие. Ч. 1. Нечеткая логика и нейронные сети. Часть I / Белозерова Г. И., Скуднєв Д. М., Кононова З. А. - Липецк : Липецкий ГПУ, 2017. - 64 с. - Библиогр.: доступна в карточке книги, на сайте ЭБС Лань. - Книга из коллекции Липецкий ГПУ - Математика. - ISBN 978-5-88526-875-2., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=719668&idb=0>.
4. Булаев М. П. Нейронные сети для адаптивной обработки данных : учебное пособие / Булаев М. П., Кабанов А. Н., Маркова И. С. - Рязань : РГРТУ, 2012. - 64 с. - Библиогр.: доступна в карточке книги, на сайте ЭБС Лань. - Книга из коллекции РГРТУ - Информатика., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=752682&idb=0>.
5. Кузнецов В. П. Нейронные сети: практический курс : учебное пособие / Кузнецов В. П. - Рязань : РГРТУ, 2014. - 72 с. - Библиогр.: доступна в карточке книги, на сайте ЭБС Лань. - Книга из коллекции РГРТУ - Информатика., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=752643&idb=0>.
6. Логические нейронные сети / Барский А.Б. - Москва : ИНТУИТ, 2016., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=662941&idb=0>.
7. Нейронные сети: основы теории / Галушкин А.И. - Москва : Горячая линия - Телеком, 2012., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=646044&idb=0>.
8. Ростовцев В. С. Искусственные нейронные сети : учебник для вузов / Ростовцев В. С. - 4-е изд., стер. - Санкт-Петербург : Лань, 2024. - 216 с. - Книга из коллекции Лань - Информатика. - ISBN 978-5-507-47362-5., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=886351&idb=0>.

Дополнительная литература:

1. Leonardo De Marchi. Hands-On Neural Networks : Learn How to Build and Train Your First Neural Network Model Using Python. - Packt Publishing, 2019. - 1 online resource. - ISBN 9781788999885. - ISBN 9781788992596. - Текст : электронный., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=854230&idb=0>.

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

<https://www.coursera.org/learn/computational-neuroscience>

## **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 03.04.02 - Физика.

Автор(ы): Клиньшов Владимир Викторович, доктор физико-математических наук.

Заведующий кафедрой: Викторов Михаил Евгеньевич, кандидат физико-математических наук.

Программа одобрена на заседании методической комиссии от 07.02.2024, протокол № 4.