

**Федеральное государственное автономное образовательное
учреждение высшего образования
«Московский физико-технический институт
(национальный исследовательский университет)»**

УТВЕРЖДЕНО

**Директор физтех-школы
природоподобных, плазменных и
ядерных технологий им. И.В.**

Курчатова

Т.Е. Григорьев

Рабочая программа дисциплины (модуля)

| | |
|----------------------------|--|
| по дисциплине: | Нейрокогнитивные технологии |
| по направлению: | Прикладные математика и физика |
| профиль подготовки: | Термоядерная энергетика и плазменные технологии Физтех-школа природоподобных, плазменных и ядерных технологий им. И.В. Курчатова кафедра гуманитарных дисциплин |
| курс: | 4 |
| квалификация: | бакалавр |

Семестр, формы промежуточной аттестации: 7 (осенний) - Экзамен

Аудиторных часов: 45 всего, в том числе:

лекции: 30 час.

семинары: 15 час.

лабораторные занятия: 0 час.

Самостоятельная работа: 60 час.

Подготовка к экзамену: 30 час.

Всего часов: 135, всего зач. ед.: 3

Программу составил: О.Е. Сварник, канд. психол. наук, профессор

Программа обсуждена на заседании кафедры гуманитарных дисциплин 29.03.2024

Аннотация

Цели и задачи дисциплины: ознакомиться с основными методами нейрокогнитивных исследований, включая анализ элементов мозга и связей между ними, регистрации, стимуляции и инактивации клеток и клеточных систем, анализа активности целого мозга в когнитивных задачах и методы математического моделирования нейронных систем и когнитивных процессов, а также - приобретение базовых знаний в области нейрокогнитивных технологий. Во время обучения студенты изучают механизмы работы человеческого мозга, психики и коммуникации между людьми и на основе этих исследований разрабатывают новые технологии.

1. Цели и задачи

Цель дисциплины

- формирование у студентов системы научных представлений о возможностях нейрокогнитивных технологий.

Задачи дисциплины

- приобретение базовых знаний в области нейрокогнитивных технологий;
- освоение методической и методологической базы нейрокогнитивных технологий;
- знакомство с основными результатами отечественных и зарубежных работ по исследованию мозга, связанных с разработкой проблем нейрокогнитивных технологий.

2. Перечень формируемых компетенций

Освоение дисциплины направлено на формирование следующих компетенций:

| Код и наименование компетенции | Индикаторы достижения компетенции |
|--|---|
| ОПК-3 Способен составлять и оформлять научные и (или) технические (технологические, инновационные) отчеты (публикации, проекты) | ОПК-3.1 Знает основные правила оформления научных публикаций и научно-технической документации, в том числе с использованием прикладного программного обеспечения |
| | ОПК-3.2 Владеет на практике методологией составления научно-технических отчетов (проектов) |
| | ОПК-3.3 Владеет методами визуального и графического представления результатов научной (научно-технической, инновационной технологической) деятельности в виде отчетов, научных публикаций |
| ПК-3 Способен выбирать и применять подходящее оборудование, инструменты и методы исследований для решения задач в избранной предметной области | ПК-3.1 Знает принципы работы и диапазоны рабочих параметров используемого научного оборудования |
| | ПК-3.2 Знает области и критерии применимости используемых теоретических подходов и умение оценивать точность приближенных аналитических методов вычислений |
| | ПК-3.3 Умеет производить оценку точности численных методов, используемых на ЭВМ, вычислительной сложности используемых алгоритмов и объема требуемых вычислительных ресурсов |

3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

- основные современные методы нейрокогнитивных технологий;
- основные области применения нейрокогнитивных технологий.

уметь:

- пользоваться своими знаниями для постановки новых задач в области нейрокогнитивных технологий;
- сопоставлять данные полученные в разных экспериментальных исследованиях;
- проводить методологическую оценку обсуждаемых результатов;
- анализировать современные работы в области нейрокогнитивных технологий;
- соотносить научные и технологические задачи в нейрокогнитивных исследованиях.

владеть:

- основами компьютерного анализа в области нейрокогнитивных технологий;
- навыками освоения большого объема информации;
- навыками нахождения необходимой информации в Интернете в области нейрокогнитивных технологий;
- навыками анализа экспериментальных данных.

4. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий

4.1. Разделы дисциплины (модуля) и трудоемкости по видам учебных занятий

| № | Тема (раздел) дисциплины | Трудоемкость по видам учебных занятий, включая самостоятельную работу, час. | | | |
|-----------------------|---|---|----------|-----------------|----------------|
| | | Лекции | Семинары | Лаборат. работы | Самост. работа |
| 1 | Нейрогибридные и нейроинтеллектуальные системы. | 9 | 5 | | 20 |
| 2 | Нейрокогнитивные технологии на основе оптогенетики. | 10 | 5 | | 20 |
| 3 | Основы нейροкомпьютерных интерфейсов. | 11 | 5 | | 20 |
| Итого часов | | 30 | 15 | | 60 |
| Подготовка к экзамену | | 30 час. | | | |
| Общая трудоёмкость | | 135 час., 3 зач.ед. | | | |

4.2. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам)

Семестр: 7 (Осенний)

1. Нейрогибридные и нейроинтеллектуальные системы.

Модели нейрональных культур.

Модели изучения мозга in vivo и in vitro. Модели нейрональных культур. Обучение в культуре нейронов. Пачечная активность в культуре нейронов. Динамика структуры сети нейронов.

Обучение с подкреплением.

Примеры моделей обучения с подкреплением. Достоинства и недостатки. Моделирование обучения. Искусственные нейронные сети. Эволюционное обучение. Селекционное обучение.

Теория отбора нейронных групп. Требования к системной модели обучения. Конкуренция нейронов.

Модели нейронных сетей. Примеры моделей нейронных сетей. Достоинства и недостатки.

Предикторные сети.

Принципы предикторных сетей. Модель целенаправленного адаптивного поведения.

Искусственный интеллект.

Тест Тьюринга. История развития искусственного интеллекта. Символьные интеллектуальные системы. Нейробиологические модели. Аниматы. Эволюционная кибернетика. Нейроморфные системы искусственного интеллекта. Гибридные нейроэлектронные системы.

2. Нейрокогнитивные технологии на основе оптогенетики.

Принципы оптогенетики. Методы оптики. Методы генетики. История развития оптогенетики. Улучшения классического метода оптогенетики. Оптогенетики и фМРТ.

Процессы обучения и памяти. Манипуляции с памятью. Создание искусственной памяти. Нейродегенеративные заболевания.

Способы управления активностью нейронов.

Последовательность действий для проведения оптогенетического эксперимента. Другие (кроме оптогенетики) способы управления активностью нейронов. Хемогенетика. Механизм работы опсиновых белков.

3. Основы нейрокомпьютерных интерфейсов.

Неинвазивные нейроинтерфейсы.

Мозго-машинные и мозго-компьютерные интерфейсы. Интерфейсы на основе ЭЭГ.

Нейроинтерфейсы клеточного уровня.

Регистрация активности отдельных нейронов. Виды активности. Принципы нейроинтерфейсов.

Трансгенные животные для нейрокognитивных технологий.

Применение трансгенных животных в нейробиологии. Методы трансгенеза: инъекция в пронуклеус. Преимущества и недостатки. Методы трансгенеза: инъекция стволовых клеток. Преимущества и недостатки. Направленный трансгенез - создание нокаутов. Управляемые трансгены: Cre-система, TetO-система.

Метод двухфотонной микроскопии.

Основные принципы метода. Преимущества двухфотонной микроскопии для *in vivo* визуализации активности нервных клеток.

Методы исследования активности нейронов *in vivo*.

Методы исследования активности нейронов *in vivo* у бодрствующих животных или у подвижных животных. Генетически кодируемые кальциевые сенсоры

5. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)

учебная аудитория, оснащенная компьютером и мультимедийным оборудованием (проектор, звуковая система).

6. Перечень рекомендуемой литературы

Основная литература

1. От нейрона к мозгу [Текст] / Дж. Николлс [и др.] ; пер. с 4-го англ. изд. под ред. П. М. Балабана, Р. А. Гиниятуллина .— 3-е изд. — М. : Кн. дом "ЛИБРОКОМ", 2012 .— 672 с. Фонд литературы кафедры
2. Нейрон. Обработка сигналов, пластичность, моделирование. Руководство /под ред. Е.Н.Соколова и др. – Тюмень: Изд. Тюменского Государственного Университета, 2009.
3. Психофизиология. Учебник для ВУЗов /под ред. Ю.И.Александрова. – СПб.: Питер, 2009.
4. Величковский Б.М. Когнитивная наука. Основы психологии познания. – М.: Смысл, 2006.

Дополнительная литература

Фонд литературы кафедры

1. Швырков В.Б. Введение в объективную психологию. – М.: Издательство Института психологии РАН, 2006.

7. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины (модуля)

1. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/>
2. <http://univertv.ru/>

8. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень необходимого программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)

на лекционных занятиях используются мультимедийные технологии, включая демонстрацию презентаций.

9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)

Для успешного освоения курса, помимо посещения лекций, от студентов требуется самостоятельная работа в объеме не менее чем те часы, которые указаны для каждого раздела программы. В основном, это время отводится на самостоятельное повторение материала лекций, чтения рекомендованной литературы и подготовку к промежуточным тестированиям, которые проводятся для текущего контроля за усвоением материала. Всего предполагается провести за семестр 3 теста. Студенты, успешно прошедшие все формы промежуточного контроля, допускаются к сдаче экзамена по дисциплине.

ПРИЛОЖЕНИЕ

ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)

| | |
|--|---|
| по направлению: | Прикладные математика и физика |
| профиль подготовки: | Термоядерная энергетика и плазменные технологии Физтех-школа природоподобных, плазменных и ядерных технологий им. И.В. Курчатова кафедра гуманитарных дисциплин |
| курс: | 4 |
| квалификация: | бакалавр |
| Семестр, формы промежуточной аттестации: 7 (осенний) - Экзамен | |
| Разработчик: | О.Е. Сварник, канд. психол. наук, профессор |

1. Компетенции, формируемые в процессе изучения дисциплины

| Код и наименование компетенции | Индикаторы достижения компетенции |
|--|---|
| ОПК-3 Способен составлять и оформлять научные и (или) технические (технологические, инновационные) отчеты (публикации, проекты) | ОПК-3.1 Знает основные правила оформления научных публикаций и научно-технической документации, в том числе с использованием прикладного программного обеспечения |
| | ОПК-3.2 Владеет на практике методологией составления научно-технических отчетов (проектов) |
| | ОПК-3.3 Владеет методами визуального и графического представления результатов научной (научно-технической, инновационной технологической) деятельности в виде отчетов, научных публикаций |
| ПК-3 Способен выбирать и применять подходящее оборудование, инструменты и методы исследований для решения задач в избранной предметной области | ПК-3.1 Знает принципы работы и диапазоны рабочих параметров используемого научного оборудования |
| | ПК-3.2 Знает области и критерии применимости используемых теоретических подходов и умение оценивать точность приближенных аналитических методов вычислений |
| | ПК-3.3 Умеет производить оценку точности численных методов, используемых на ЭВМ, вычислительной сложности используемых алгоритмов и объема требуемых вычислительных ресурсов |

2. Показатели оценивания компетенций

В результате изучения дисциплины «Нейрокогнитивные технологии» обучающийся должен:

знать:

- основные современные методы нейрокогнитивных технологий;
- основные области применения нейрокогнитивных технологий.

уметь:

- пользоваться своими знаниями для постановки новых задач в области нейрокогнитивных технологий;
- сопоставлять данные полученные в разных экспериментальных исследованиях;
- проводить методологическую оценку обсуждаемых результатов;
- анализировать современные работы в области нейрокогнитивных технологий;
- соотносить научные и технологические задачи в нейрокогнитивных исследованиях.

владеть:

- основами компьютерного анализа в области нейрокогнитивных технологий;
- навыками освоения большого объема информации;
- навыками нахождения необходимой информации в Интернете в области нейрокогнитивных технологий;
- навыками анализа экспериментальных данных.

3. Перечень типовых (примерных) вопросов, заданий, тем для подготовки к текущему контролю

В целях текущего контроля успеваемости предусмотрен краткий опрос по темам предыдущих занятий по теме прошлой лекции или в конце занятия по пройденной теме.

3. Перечень типовых контрольных заданий, используемых для оценки знаний, умений, навыков

Промежуточная аттестация по дисциплине «Нейрокогнитивные технологии» осуществляется в форме **экзамена**. Экзамен проводится в устной форме.

Перечень контрольных вопросов

1. Интерфейсы на основе ЭЭГ.
2. Принципы неинвазивных интерфейсов.
3. Принципы инвазивных интерфейсов.
4. Применение трансгенных животных в нейробиологии.
5. Методы трансгенеза: инъекция в пронуклеус. Преимущества и недостатки.
6. Методы трансгенеза: инъекция стволовых клеток. Преимущества и недостатки.
7. Направленный трансгенез - создание нокаутов.
8. Управляемые трансгены: Cre-система, TetO-система.
9. Метод двухфотонной микроскопии. Основные принципы метода. Преимущества двухфотонной микроскопии для *in vivo* визуализации активности нервных клеток.
10. Методы исследования активности нейронов *in vivo* у бодрствующих животных или у подвижных животных.
11. Генетически кодируемые кальциевые сенсоры.
12. В чем состоит принцип оптогенетики?
13. Применение оптогенетики при изучении механизмов обучения и памяти.
14. Применение оптогенетики при изучении механизмов нейродегенеративных заболеваний.
15. Улучшения классического метода оптогенетики.
16. Оптогенетика и фМРТ.
17. Последовательность действий для проведения оптогенетического эксперимента.
18. Другие (кроме оптогенетики) способы управления активностью нейронов.
19. Хемогенетика.
20. Механизм работы опсиновых белков.
21. Модели изучения мозга *in vivo* и *in vitro*.
22. Модели нейрональных культур.
23. Обучение в культуре нейронов.
24. Пачечная активность в культуре нейронов.
25. Обучение с подкреплением.
26. Моделирование обучения.
27. Искусственные нейронные сети.
28. Эволюционное обучение с подкреплением.
29. Селекционное обучение.
30. Теория отбора нейронных групп.
31. Требования к системной модели обучения.
32. Модели нейронных сетей.
33. Предикторные сети.
34. Модель целенаправленного адаптивного поведения.
35. Искусственный интеллект.
36. Тест Тьюринга.
37. История развития искусственного интеллекта.
38. Символьные интеллектуальные системы.
39. Нейробиологические модели.
40. Аниматы.
41. Эволюционная кибернетика.
42. Нейроморфные системы искусственного интеллекта.
43. Гибридные нейроэлектронные системы.

Примеры билетов

Билет №1

1. Интерфейсы на основе ЭЭГ.
2. Генетически кодируемые кальциевые сенсоры.

Билет №2

1. Применение трансгенных животных в нейробиологии.
2. Пачечная активность в культуре нейронов.

Билет №3

1. Принципы неинвазивных интерфейсов.
2. Эволюционное обучение с подкреплением.

4. Критерии оценивания

| Оценка | Баллы | Критерии |
|---------|-------|---|
| отлично | 10 | Выставляется студенту, показавшему всесторонние, систематизированные, глубокие знания учебной программы дисциплины, проявляющему интерес к данной предметной области, продемонстрировавшему умение уверенно и творчески применять их на практике при решении конкретных задач, свободное и правильное обоснование принятых решений. |
| | 9 | Выставляется студенту, показавшему всесторонние, систематизированные, глубокие знания учебной программы дисциплины и умение уверенно применять их на практике при решении конкретных задач, свободное и правильное обоснование принятых решений. |
| | 8 | Выставляется студенту, показавшему всесторонние, систематизированные, глубокие знания учебной программы дисциплины и умение уверенно применять их на практике при решении конкретных задач, правильное обоснование принятых решений, с некоторыми недочетами. |
| хорошо | 7 | Выставляется студенту, если он твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, умеет применять полученные знания на практике, но недостаточно грамотно обосновывает полученные результаты. |
| | 6 | Выставляется студенту, если он твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, умеет применять полученные знания на практике, но допускает в ответе или в решении задач некоторые неточности. |
| | 5 | Выставляется студенту, если он в |

| | | |
|---------------------|---|--|
| | | основном знает материал, грамотно и по существу излагает его, умеет применять полученные знания на практике, но допускает в ответе или в решении задач достаточно большое количество неточностей. |
| удовлетворительно | 4 | Выставляется студенту, показавшему фрагментарный, разрозненный характер знаний, недостаточно правильные формулировки базовых понятий, нарушения логической последовательности в изложении программного материала, но при этом он освоил основные разделы учебной программы, необходимые для дальнейшего обучения, и может применять полученные знания по образцу в стандартной ситуации. |
| | 3 | Выставляется студенту, показавшему фрагментарный, разрозненный характер знаний, допускающему ошибки в формулировках базовых понятий, нарушения логической последовательности в изложении программного материала, слабо владеет основными разделами учебной программы, необходимыми для дальнейшего обучения и с трудом применяет полученные знания даже в стандартной ситуации. |
| неудовлетворительно | 2 | Выставляется студенту, который не знает большей части основного содержания учебной программы дисциплины, допускает грубые ошибки в формулировках основных принципов и не умеет использовать полученные знания при решении типовых задач. |
| | 1 | Выставляется студенту, который не знает основного содержания учебной программы дисциплины, допускает грубейшие ошибки в формулировках базовых понятий дисциплины и вообще не имеет навыков решения типовых практических задач. |

5. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности

При проведении экзамена обучающемуся предоставляется не менее 40 минут на подготовку. Опрос по билету и ответы на дополнительные вопросы не должны превышать двух астрономических часов. По завершении отведенного на опрос времени, экзаменатор должен выставить обучающемуся оценку.