

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего  
образования «Балтийский федеральный университет имени Иммануила Канта»

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ  
«БИОФИЗИКА»**

для программы подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре

**1.5.2. Биофизика**

Калининград  
2024

## Лист согласования

Составители:

Храмов А.Е., д.ф.-м.н., главный научный сотрудник Балтийского центра нейротехнологий и искусственного интеллекта.

Шушарина Н.Н., к.п.д., старший научный сотрудник Балтийского центра нейротехнологий и искусственного интеллекта

Программа одобрена Ученым советом ОНК «Институт высоких технологий»

Протокол № 14 от «31» января 2024 г.

Председатель Ученого совета ОНК «Институт высоких технологий»



Юров А.В.

## Содержание

1. Общая характеристика дисциплины.....	4
2. Объем дисциплины.....	4
3. Содержание дисциплины.....	4
4. Учебно-тематический план дисциплины .....	6
5. Учебно-методическое сопровождение самостоятельной работы обучающихся .....	6
6. Оценочные средства для проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся.....	8
7. Критерии оценивания результатов контрольно-оценочных мероприятий текущей и промежуточной аттестации по дисциплине.....	10
8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины .....	10
9. Материально-техническое обеспечение дисциплины .....	11

## 1. Общая характеристика дисциплины

Учебная дисциплина «Биофизика» относится к числу дисциплин, направленных на подготовку и сдачу кандидатских экзаменов по научной специальности 1.5.2. Биофизика.

Изучение учебной дисциплины «Биофизика» базируется на знаниях и умениях, полученных аспирантами ранее в ходе освоения программного материала других учебных дисциплин.

### Цель изучения дисциплины:

Подготовка к сдаче кандидатского экзамена, который представляет собой форму оценки степени подготовленности аспиранта к проведению научных исследований по научной специальности 1.5.2. Биофизика.

Подготовка научных и научно-педагогических кадров высшей квалификации с углубленными знаниями в области биофизики, способные самостоятельно проводить научные исследования, связанные со сбором и обработкой электрофизиологических сигналов человека.

### Задачи дисциплины:

1. Формирование углубленных фундаментальных знаний о межклеточных взаимодействиях возбудимых тканей, передаче сигналов и формировании ответного сигнала в центральной нервной системе.

2. Формирование навыков теоретического анализа результатов экспериментальных исследований в области обработки электрофизиологических сигналов, методам планирования эксперимента и обработки результатов, систематизирования и обобщения как уже имеющейся в литературе, так и самостоятельно полученной в ходе исследований информации.

3. Формирование умений и навыков самостоятельной научной (научно-исследовательской) деятельности по научной специальности 1.5.2. Биофизика.

**Язык реализации дисциплины** – русский.

## 2. Объём дисциплины

Вид учебной работы	Всего, час.	Объём по семестрам	
		3	4
Контактная работа обучающегося с преподавателем по видам учебных занятий (КР):	90	36	54
<i>Лекционные занятия (Л)</i>	60	24	36
<i>Семинарские/ Практические занятия (СПЗ)</i>	30	12	18
Самостоятельная работа обучающегося, в том числе подготовка к промежуточной аттестации (СР)	90	36	54
Вид промежуточной аттестации: Зачет (З), Зачет с оценкой (ЗО), Экзамен (Э), Кандидатский экзамен (КЭ)	18		18 КЭ
Общий объём	В часах	180	72 108
	В зачетных единицах	5	2 3

## 3. Содержание дисциплины

№ пп	Наименование раздела/ темы	Содержание темы
1	Основы биофизики и электрофизиологии человека	Аксиальный потенциал реполяризации клеток

		Ионные каналы и проводимость клеток Электрофизиологические свойства мембран Возбудимость и проводимость нервных клеток
2	Регистрация и анализ электрофизиологических сигналов	Электрокардиография Электроэнцефалография Электромиография Электрогастроэнтерография
3	Методы обработки и интерпретации электрофизиологических данных	Фильтрация и усиление сигналов Спектральный анализ Вейвлет-анализ Методы машинного обучения для анализа сигналов
4	Медицинское применение электрофизиологических исследований	Диагностика сердечных заболеваний Мониторинг мозговой активности Оценка мышечной активности Исследования желудочно-кишечного тракта
5	Эффекты электрических полей на организм человека	Биологические эффекты электромагнитного излучения Влияние электрических полей на нервную систему Электростимуляция для лечения заболеваний Опасность электрических ударов и способы защиты
6	Электрофизиологические методы исследования в нейронауках	Электрофизиологические основы функционирования нейронов Исследование синаптической передачи Регистрация активности нейронных ансамблей Нейромодуляция и обратная связь в нейронных сетях
7	Физиологические механизмы формирования электрофизиологических сигналов	Генерация и передача действительного потенциала Механизмы генерации ЭКГ Возникновение ритмической активности мозга Происхождение электрических сигналов в мышцах
8	Электрические явления в живых системах	Электрические свойства клеточных мембран Мембранные потенциалы и их регуляция Электрические сигналы в системах с множеством связанных элементов Биоэлектрическая активность сердца и мозга

9	Биофизические модели и компьютерное моделирование электрической активности организма	Моделирование процессов возбуждения и проведения в клетках Сетевые модели нейронных сетей Модели сердечной деятельности и аритмий Программные средства для моделирования и анализа биоэлектрических сигналов
---	--	---

#### 4. Учебно-тематический план дисциплины

Номер раздела, темы	Наименование разделов, тем	Количество часов					Форма контроля
		Всего	КР	Л	СПЗ	СР	
<b>Семестр 3</b>		<b>72</b>	<b>36</b>	<b>24</b>	<b>12</b>	<b>36</b>	<b>Зачет</b>
1	Основы биофизики и электрофизиологии человека	14	6	4	2	8	8
2	Регистрация и анализ электрофизиологических сигналов	16	8	6	2	8	
3	Методы обработки и интерпретации электрофизиологических данных	22	12	8	4	10	
4	Медицинское применение электрофизиологических исследований	20	10	6	4	10	
<b>Семестр 4</b>		<b>108</b>	<b>54</b>	<b>36</b>	<b>18</b>	<b>54</b>	<b>КЭ</b>
5	Эффекты электрических полей на организм человека	16	6	4	2	10	10
6	Электрофизиологические методы исследования в нейронауках	16	6	4	2	10	
7	Физиологические механизмы формирования электрофизиологических сигналов	22	12	8	4	10	
8	Электрические явления в живых системах	26	14	10	4	12	
9	Биофизические модели и компьютерное моделирование электрической активности организма	28	16	10	6	12	
<b>Общий объем</b>		<b>180</b>	<b>72</b>	<b>48</b>	<b>24</b>	<b>90</b>	<b>18</b>

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

Цель самостоятельной работы обучающихся заключается в глубоком, полном усвоении учебного материала и в развитии навыков самообразования. Самостоятельная работа может включать: работу с текстами, литературой, учебно-методическими пособиями, нормативными

материалами, в том числе материалами сети интернет, а также проработку конспектов лекций, написание докладов, рефератов, участие в работе семинаров, научных конференциях и пр.

#### Задания для самостоятельной работы

1. Изучите методы регистрации электрофизиологических данных и опишите их принципы работы.
2. Проведите анализ сигнала ЭКГ и определите наличие аритмии.
3. Сформулируйте методику записи электроэнцефалограммы (ЭЭГ) и проведите интерпретацию полученных результатов.
4. Проанализируйте электромиографические данные и оцените состояние мышечной активности.
5. Изучите показатели вариабельности сердечного ритма (HRV) и определите их значение для оценки вегетативной нервной системы.
6. Выполните анализ электрогастрограммы (ЭГГ) и оцените функцию желудка.
7. Изучите методику записи электрокортикограммы (ЭКоГ) и проведите интерпретацию результатов.
8. Проведите анализ спектральной плотности ЭЭГ и определите типичные паттерны для различных состояний сознания.
9. Сравните результаты анализа электрокардиограммы (ЭКГ) в покое и во время физической нагрузки.
10. Оцените эффекты различных стимуляций на соматосенсорные ответы с помощью электроэнцефалограммы (ЭЭГ).
11. Изучите методику записи электрокортикограммы (ЭКоГ) во время выполнения задачи и определите паттерны активности мозга.
12. Проведите анализ электромиограммы (ЭМГ) и оцените функциональное состояние мышц.
13. Оцените изменения вариабельности сердечного ритма (HRV) при различных состояниях стресса.
14. Изучите влияние различных методов стимуляции на ЭЭГ и определите эффективность их использования.
15. Проведите анализ спектральной плотности ЭКоГ и оцените фронтальную и темпоральную активность мозга.
16. Сравните результаты анализа ЭГГ до и после приема пищи для оценки перистальтики желудка.
17. Ознакомьтесь с методами записи аудио-эвокированных потенциалов (АЭП) и проведите анализ полученных данных.
18. Проанализируйте эффекты различных видов медитации на ЭЭГ и оцените изменения в активности мозга.
19. Проведите изучение генерации соматосенсорных ответов с помощью ЭКоГ и определите характеристики этих ответов.
20. Изучите влияние различных видов физической активности на ЭКГ и оцените эффективность их воздействия на сердечно-сосудистую систему.
21. Оцените изменения вариабельности сердечного ритма (HRV) при различных видах физической нагрузки.
22. Изучите методику записи электрогастрограммы (ЭГГ) во время приема пищи и оцените процесс переваривания пищи.
23. Проведите анализ артикуляционных электрокортикограмм (АЭКоГ) и оцените активность речевых зон мозга.
24. Выполните анализ электромиограммы (ЭМГ) при различных типах двигательной активности и сравните результаты.

25. Изучите изменения вариабельности сердечного ритма (HRV) при различных состояниях психоэмоционального стресса.
26. Сравните результаты анализа сигнала ЭЭГ у здоровых лиц и у пациентов с неврологическими нарушениями.
27. Проведите анализ спектральной плотности ЭКГ и определите типичные паттерны для различных форм аритмии.
28. Изучите методику записи электроэнцефалограммы (ЭЭГ) во время сновидения и оцените характеристики сновидений.
29. Оцените эффекты различных видов гипноза на ЭЭГ и сравните изменения активности мозга.
30. Проведите анализ аудио-эвокированных потенциалов (АЭП) у пациентов с нарушениями слуха и определите особенности их ответов.

Контроль самостоятельной работы осуществляется на семинарских (практических) занятиях

## **6. Оценочные средства для проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся**

### **Задание к зачету:**

1. Разработать систему автоматического диагностирования определенного заболевания на основании электрофизиологических данных пациента.
2. Провести статистическое сравнение электрофизиологического сигнала здорового человека и человека с определенным заболеванием и сделать выводы относительно отличительных признаков электрофизиологического сигнала

### **Перечень вопросов к кандидатскому экзамену:**

1. Какие методы изучения электрофизиологических сигналов используются в биофизике?
2. Какие принципы лежат в основе возникновения электрофизиологических сигналов в организме человека?
3. Что такое электрокардиограмма и какие информативные параметры можно получить из ее анализа?
4. Какова роль машинного обучения в анализе электрофизиологических сигналов?
5. Какие методы предварительной обработки сигналов используются перед применением методов машинного обучения?
6. Какие алгоритмы машинного обучения широко применяются в анализе электрофизиологических данных?
7. Какие задачи можно решить с помощью анализа электрофизиологических сигналов с использованием методов машинного обучения?
8. В чем состоит специфика анализа электроэнцефалографических данных и какие методы обработки сигналов применяются?
9. Какие возможности предоставляет анализ электрофизиологических сигналов в нейронауках?
10. Каким образом электрофизиологические данные могут быть использованы для создания биомедицинских устройств?

11. Какие методы анализа сигналов используются для детекции аритмий на электрокардиограмме?
12. Какова роль фильтрации сигнала в процессе анализа электрофизиологических данных?
13. Какие артефакты могут возникать при записи электрофизиологических сигналов и как их можно устранить?
14. Почему важно проведение калибровки при записи электрофизиологических сигналов?
15. Какие биомаркеры можно выделить при анализе электрофизиологических данных?
16. Каким образом можно использовать методы машинного обучения для прогнозирования патологических состояний на основе электрофизиологических данных?
17. Какие параметры электрокардиограммы можно использовать для оценки состояния сердечно-сосудистой системы?
18. Какие методы анализа спонтанной активности мозга применяются в нейрофизиологии?
19. Какие технические средства используются для записи электрофизиологических сигналов?
20. Какие методы сжатия данных можно применить для эффективного хранения и передачи электрофизиологических сигналов?
21. Какими особенностями обладает анализ электрофизиологических сигналов в клинической практике?
22. В чем заключается принцип декодирования телеметрируемых сигналов в мозге и какие методы применяются для этого?
23. Какие методы анализа временных рядов можно применить к электрофизиологическим данным?
24. Какие компьютерные программы используются для обработки и анализа электрофизиологических сигналов?
25. Какие методы машинного обучения являются наиболее эффективными при работе с малым объемом данных электрофизиологии?
26. Какие методы фильтрации шумов можно применить к электрофизиологическим данным?
27. Каким образом можно использовать алгоритмы кластеризации для анализа электрофизиологических сигналов?
28. Какие методы регрессионного анализа применяются в исследованиях с электрофизиологическими данными?
29. Какие показатели временной и частотной области используются при анализе электрофизиологических данных?
30. Какие методы классификации электрофизиологических сигналов используются для диагностики болезней центральной нервной системы?
31. Какие методы прогнозирования можно применить для анализа временных рядов электрофизиологических данных?
32. Как можно определить степень шума в электрофизиологическом сигнале и как это влияет на точность анализа?
33. Какие методы преобразования сигналов применяются в электрофизиологии?
34. Каким образом можно использовать автоматизированные системы для анализа больших массивов электрофизиологических данных?
35. Какие задачи решаются при исследовании эффекта лекарственных препаратов на электрофизиологические данные?
36. Какие методы распознавания образов применимы к анализу электрофизиологических сигналов с целью идентификации патологических изменений?
37. Какие методы декомпозиции сигналов применяются в электрофизиологии для выделения отдельных компонентов?
38. Какие параметры могут быть использованы для оценки изменений в электрофизиологических сигналах при физической нагрузке?

39. Какие методы анализа сигналов широко применяются при исследовании сна и бодрствования?
40. Какова роль статистических методов в анализе электрофизиологических сигналов для выявления закономерностей и трендов?

## **7. Критерии оценивания результатов контрольно-оценочных мероприятий текущей и промежуточной аттестации по дисциплине**

В ходе текущего контроля успеваемости (устный или письменный опрос, подготовка и защита реферата, доклад, презентация, тестирование и пр.) при ответах на учебных занятиях, а также промежуточной аттестации в форме зачета обучающиеся оцениваются по двухбалльной шкале:

Оценка «зачтено» – выставляется аспиранту, если он продемонстрировал знания программного материала, подробно ответил на теоретические вопросы, справился с выполнением заданий и (или) ситуационных задач, предусмотренных рабочей программой дисциплины.

Оценка «не зачтено» – выставляется аспиранту, если он имеет пробелы в знаниях программного материала, не владеет теоретическим материалом и допускает грубые, принципиальные ошибки в выполнении заданий и (или) ситуационных задач, предусмотренных рабочей программой дисциплины.

Оценка по результатам проведения кандидатского экзамена по дисциплине выставляется на основе совокупности ответов по вопросам программы кандидатского экзамена и по вопросам дополнительной программы по теме диссертации аспиранта, которая согласовывается с научным руководителем.

Оценка «отлично» выставляется за исчерпывающий ответ, отражающий знание и профессиональное владение материалом программы кандидатского экзамена и дополнительной программы по теме диссертации.

Оценка «хорошо» выставляется за ответ, содержащий не принципиальные погрешности, отражающий знание и свободное владение материалом программы кандидатского экзамена и дополнительной программы по теме диссертации.

Оценка «удовлетворительно» выставляется за ответ, отражающий знание принципиальных положений вопросов, при наличии погрешностей, устраняемых аспирантом при ответе на дополнительные вопросы программы кандидатского экзамена и дополнительной программы по теме диссертации.

Оценка «неудовлетворительно» выставляется за ответ, показывающий непонимание существа вопроса, наличия грубых ошибок в ответах на вопросы программы кандидатского экзамена и дополнительной программы по теме диссертации.

## **8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины**

### **Рекомендуемая литература:**

1. Биофизика живой клетки : Избранные труды / [Редкол.: Г. Р. Иваницкий (отв. ред.) и др.]. - Москва : Наука, 1982. - 336 с.
2. Биофизика : [Учеб. пособие для студентов биол. и физ. фак. ун-тов, специализирующихся в обл. биофизики] / М. В. Волькенштейн. - Москва : Наука, 1981. - 575 с.
3. От нейрона к мозгу / Дж. Г. Николлс, А. Р. Мартин, Б. Дж. Валлас, П. А. Фукс; Пер. с 4-го англ. : под ред. П. М. Балабана и Р. А. Гиниатуллина. - М. : УРСС, 2003. - 671 с.

4. основы электрофизиологии : учеб. пособие / Д. П. Матюшкин ; Ленингр. гос. ун-т им. А. А. Жданова. - Ленинград : Изд-во ЛГУ, 1984.
5. Компьютерная электрофизиология и функциональная диагностика : учеб. пособие / А. П. Кулаичев. - 4-е изд., перераб. и доп. - М. : ФОРУМ ; [Б. м.] : ИНФРА-М, 2007. – 639 с.
6. Статистический анализ временных рядов / Т. Андерсон ; пер. с англ.: И. Г. Журбенко, В. П. Носко ; под ред. Ю. К. Беляева. - М. : Мир, 1976. - 760 с.

**Программное обеспечение:**

1. Язык программирования Python

**Электронные образовательные ресурсы:**

*Не предусмотрено*

**9. Материально-техническое обеспечение дисциплины**

БФУ им. И. Канта имеет специальные помещения и лаборатории для проведения занятий лекционного типа, групповых и индивидуальных консультаций, научных исследований, промежуточной аттестации, а также помещения для самостоятельной работы и помещения для хранения и профилактического обслуживания оборудования.