

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

**УТВЕРЖДЕНО**

**Директор института нано-, био-,  
информационных, когнитивных  
и социогуманитарных наук и  
технологий**

**Т.Е. Григорьев**

**Рабочая программа дисциплины (модуля)**

<b>по дисциплине:</b>	Биоэлектроника
<b>по направлению:</b>	Прикладные математика и физика
<b>профиль подготовки:</b>	Природоподобные технологии и биомиметический дизайн материалов и систем Физтех-школа природоподобных, плазменных и ядерных технологий им. И.В. Курчатова кафедра нано-, био-, информационных и когнитивных технологий
<b>курс:</b>	1
<b>квалификация:</b>	магистр

Семестр, формы промежуточной аттестации: 1 (осенний) - Дифференцированный зачет

Аудиторных часов: 30 всего, в том числе:

лекции: 30 час.

семинары: 0 час.

лабораторные занятия: 0 час.

Самостоятельная работа: 60 час.

Всего часов: 90, всего зач. ед.: 2

Программу составил: П.М. Готовцев, канд. техн. наук, доцент

Программа обсуждена на заседании кафедры нано-, био-, информационных и когнитивных технологий  
18.03.2022

## Аннотация

В настоящее время все более значительное внимание уделяется созданию электронных устройств, взаимодействующих с живыми системами. Такие устройства применяются в медицине, в качестве биосенсоров для мониторинга различных сред и экологической обстановки и т.д. Особенности всех этих устройств является наличие интерфейса живое/неживое и определенная специфика в обработке сигналов, получаемых из живых систем. Все это приводит к необходимости создания как специализированных систем для получения биологических сигналов (электрода, биосенсоров и т.д.) так и нетривиальных решений в области схемотехники для работы с этими датчиками. Кроме того, зачастую биоэлектронные системы работают в условиях дефицита электроэнергии то есть должны быть ультранизкомощными. Все это приводит к тому, что для создания и развития биоэлектронных систем требуется специфичный междисциплинарный курс для магистров, в рамках которого они познакомятся со всеми специфичными аспектами биоэлектроники, и теми эффектами в живых системах, с помощью которых организуется интерфейс живое/неживое.

### 1. Цели и задачи

#### Цель дисциплины

- освоение студентами базовых навыков необходимых для понимания принципов работы интерфейсов с живыми системами и последующей обработки полученных сигналов, а также навыков которые в будущем помогут им создавать и эксплуатировать различные биоэлектронные устройства.

#### Задачи дисциплины

- формирование базовых знаний об особенностях интерфейсов с живыми системами, видах биологических сигналов и общих подходов к их обработке.
- формирование базовых знаний об основных схемотехнических и математических подходов для создания биоэлектронных устройств.

### 2. Перечень формируемых компетенций

Освоение дисциплины направлено на формирование следующих компетенций:

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции
ОПК-5 Способен и готов к повышению квалификации, профессиональному росту и руководству коллективом в сфере своей профессиональной деятельности, толерантно воспринимая социальные, этнические, конфессиональные и культурные различия	ОПК-5.2 Владеет навыком руководства малым коллективом в сфере своей профессиональной деятельности
	ОПК-5.3 Стремится к получению новых знаний, профессиональному и личностному росту
ПК-2 Способен самостоятельно или в качестве члена (руководителя) малого коллектива организовывать и проводить научные исследования и их апробацию	ПК-2.1 Способен планировать и проводить научные исследования самостоятельно или в составе научного коллектива
	ПК-2.2 Способен проводить апробацию результатов научно-исследовательской работы посредством публикации научных статей и участия в конференциях

### 3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

- фундаментальные понятия, законы, теории и формулы, описывающие физические процессы в живых системах, которые можно использовать для создания биоэлектронных устройств;
- базовые принципы и подходы к разработке биоэлектронных интерфейсов;
- теоретические основы биофизических и биохимических процессов, используемых для передачи сигнала в биоэлектронное устройство;
- особенности подходов к обработке биологических сигналов;
- основные схемотехнические подходы к созданию биоэлектронных устройств.

уметь:

- анализировать биофизические процессы и выбирать необходимые для получения требуемой информации от живой системы;
- применять физические теории к описанию процессов передачи сигнала в интерфейсе живое/неживое;
- проектировать схемотехнические решения для биоэлектронных устройств;
- эффективно использовать современные информационные технологии при решении задач в области биоэлектроники.

владеть:

- специальной терминологией в области биоэлектроники;
- методиками построения моделей биоэлектронных систем;
- основными методами расчета схемотехнических решений для биоэлектронных систем.

#### 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	Электрохимия в живых системах. Основные биоэлектрохимические процессы. Основы биофизики рецепции и генерации сигналов.	3			10
2	Общие понятия в электротехнике.	3			5
3	Проектирование схемотехнических решений.	3			5
4	ДНК-нанотехнологии.	3			5
5	Перенос заряда в некоторых белках.	3			5
6	Цитоморфная электроника.	3			5
7	Гибридные биоэлектронные системы.	3			5
8	Биосенсоры.	3			5
9	Интерфейсы живое/неживое.	3			5
10	Внутриклеточные процессы.	2			5
11	Перспективы в биоэлектронике.	1			5
Итого часов		30			60
Подготовка к экзамену		0 час.			
Общая трудоёмкость		90 час., 2 зач.ед.			

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

Семестр: 1 (Осенний)

1. Электрохимия в живых системах. Основные биоэлектрохимические процессы. Основы биофизики рецепции и генерации сигналов.

Будет рассказано про базовые электрохимические процессы, протекающие в живых системах. Показано какую роль они играют в различных биологических процессах. Дан обзор по основам биологической рецепции и преобразованию информации в рецепторных системах.

2. Общие понятия в электротехнике.

Теоретические основы электротехнических систем, использующих элементы ультранизкой мощности.

Основы схемотехники. Электроника низких мощностей. Основы теории обработки сигналов, методы фильтрации сигналов.

### 3. Проектирование схемотехнических решений.

Наиболее распространенные подходы к проектированию схемотехнических решений по первичной обработке сигналов. Основы аналоговой низкомощностной электроники для имплантируемых устройств.

### 4. ДНК-нанотехнологии.

Дан обзор ДНК-нанотехнологий. Показаны методы сборки различных ДНК-оригами структур и разобрано их функционирование в различных средах. Показаны возможности использования ДНК-структур в биоэлектронике.

### 5. Перенос заряда в некоторых белках.

Перенос заряда в некоторых белках. Белковые пилы как нанопровода. Конденсаторы на основе очищенных белков и смесей различных белков. Другие перспективные разработки.

### 6. Цитоморфная электроника.

Дано понятие цитоморфной электроники, причины возникновения данного подхода и области ее применения. Представлены основные подходы к разработке цитоморфных схемотехнических решений. Разобраны примеры цепей имитирующих биологические процессы на примере экспрессии генов в прокариотах и эукариотах.

### 7. Гибридные биоэлектронные системы.

Гибридные биоэлектронные системы с функциональными биологическими компонентами.

### 8. Биосенсоры.

Биосенсоры, их разновидности и области применения.

### 9. Интерфейсы живое/неживое.

Интерфейсы живое/неживое, области применения, используемые материалы

### 10. Внутриклеточные процессы.

Внутриклеточные процессы и их детектирование с использованием биоэлектронных систем.

### 11. Перспективы в биоэлектронике.

Перспективные области практического применения в биоэлектронике

## **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. Искусство схемотехники = The Art of Electronics, [монография]/П. Хоровиц, У. Хилл , -Москва, БИНОМ, 2016
2. Химические и биологические сенсоры: основы и применение [Текст], [монография]/Ф. Баника , -М., Техносфера, 2014
3. Цифровая обработка сигналов, практическое руководство для инженеров и научных работников/С. Смит , -Москва, ДМК Пресс, 2018
4. Электрохимия [Текст] / Б. Б. Дамаскин, О. А. Петрий, Г. А. Цирлина - СПб.Лань,2015
5. Молекулярная и клеточная биофизика [Текст] : [учеб. пособие для вузов] / М. Джексон ; пер. с англ. под ред. А. П. Савицкого, А. И. Журавлева .— М. : Мир : БИНОМ. Лаб. знаний, 2013 .— 551 с.

## Фонд литературы кафедры

6. Г. Шатъе, М. Боз, Д. Буи, Ж. Вайан, Д. Веркиндер. Учебник по общей электротехнике. М.: Техносфера 2009 г.

## Дополнительная литература

### Фонд литературы кафедры

1. K. Shoji, R. Kawano, Recent advances in liposome-based molecular robots, Micromachines. 11 (2020) 788. doi:10.3390/MI11090788.
2. M. Deluca, Z. Shi, C.E. Castro, G. Arya, Dynamic DNA nanotechnology: toward functional nanoscale devices, Nanoscale Horizons. 5 (2020) 182–201. doi:10.1039/C9NH00529C.

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

1. <http://ctem.web.cmu.edu/>
2. [www.matter.org.uk/tem/](http://www.matter.org.uk/tem/)
3. <http://www.cmca.uwa.edu.au/access/training>
4. <http://www.microscopy.info/Microscopy/Guide>
5. [database.iem.ac.ru/mincryst/descript.htm](http://database.iem.ac.ru/mincryst/descript.htm)
6. [www.crystallography.net](http://www.crystallography.net)
7. <http://lib.mipt.ru/>— электронная библиотека Физтеха.
8. <http://www.Sci-lib.com> – Большая научная библиотека.

## **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. В процессе самостоятельной работы обучающихся возможно использование таких программных средств как Mathcad, Matlab для решения физических задач и моделирования изучаемых процессов на компьютере.

## **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 одну промежуточную контрольную, а также ряд проверочных работ. Студенты, успешно прошедшие данную форму промежуточного контроля, допускаются к сдаче дифференцированного зачета по дисциплине.

## ПРИЛОЖЕНИЕ

### ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)

<b>по направлению:</b>	Прикладные математика и физика
<b>профиль подготовки:</b>	Природоподобные технологии и биомиметический дизайн материалов и систем Физтех-школа природоподобных, плазменных и ядерных технологий им. И.В. Курчатова кафедра нано, био, информационных и когнитивных технологий
<b>курс:</b>	1
<b>квалификация:</b>	магистр
Семестр, формы промежуточной аттестации: 1 (осенний) - Дифференцированный зачет	
<b>Разработчик:</b>	П.М. Готовцев, канд. техн. наук, доцент

## 1. Компетенции, формируемые в процессе изучения дисциплины

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции
ОПК-5 Способен и готов к повышению квалификации, профессиональному росту и руководству коллективом в сфере своей профессиональной деятельности, толерантно воспринимая социальные, этнические, конфессиональные и культурные различия	ОПК-5.2 Владеет навыком руководства малым коллективом в сфере своей профессиональной деятельности
	ОПК-5.3 Стремится к получению новых знаний, профессиональному и личностному росту
ПК-2 Способен самостоятельно или в качестве члена (руководителя) малого коллектива организовывать и проводить научные исследования и их апробацию	ПК-2.1 Способен планировать и проводить научные исследования самостоятельно или в составе научного коллектива
	ПК-2.2 Способен проводить апробацию результатов научно-исследовательской работы посредством публикации научных статей и участия в конференциях

## 2. Показатели оценивания компетенций

В результате изучения дисциплины «Биоэлектроника» обучающийся должен:

### знать:

- фундаментальные понятия, законы, теории и формулы, описывающие физические процессы в живых системах, которые можно использовать для создания биоэлектронных устройств;
- базовые принципы и подходы к разработке биоэлектронных интерфейсов;
- теоретические основы биофизических и биохимических процессов, используемых для передачи сигнала в биоэлектронное устройство;
- особенности подходов к обработке биологических сигналов;
- основные схемотехнические подходы к созданию биоэлектронных устройств.

### уметь:

- анализировать биофизические процессы и выбирать необходимые для получения требуемой информации от живой системы;
- применять физические теории к описанию процессов передачи сигнала в интерфейсе живое/неживое;
- проектировать схемотехнические решения для биоэлектронных устройств;
- эффективно использовать современные информационные технологии при решении задач в области биоэлектроники.

### владеть:

- специальной терминологией в области биоэлектроники;
- методиками построения моделей биоэлектронных систем;
- основными методами расчета схемотехнических решений для биоэлектронных систем.

## 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.

## 4. Перечень типовых (примерных) вопросов и тем для проведения промежуточной аттестации обучающихся

1. Электрохимия в живых системах.
2. Основы биофизики рецепции и генерации сигналов.
3. Перспективы в биоэлектронике.
4. Внутриклеточные процессы.
5. Интерфейсы живое/неживое.
6. Биосенсоры.
7. Проектирование схемотехнических решений.

8. ДНК-нанотехнологии
9. Возможности использования ДНК-структур в биоэлектронике.
10. Перенос заряда в некоторых белках.

Примеры билетов:

Билет №1

1. Возможности использования ДНК-структур в биоэлектронике.
2. Перенос заряда в некоторых белках.

Билет №2

1. Биосенсоры.
2. Электрохимия в живых системах.

#### Критерии оценивания

Оценка "отлично" (10 баллов) 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.

Оценка "отлично" (9 баллов) 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.

Оценка "отлично" (8 баллов) 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 недочётами.

Оценка "хорошо" (7 баллов) выставляется студенту, если он твёрдо знает материал, грамотно и по существу излагает его, умеет применять полученные знания на практике, но недостаточно грамотно обосновывает полученные результаты.

Оценка "хорошо" (6 баллов) выставляется студенту, если он твёрдо знает материал, грамотно и по существу излагает его, умеет применять полученные знания на практике, но допускает в ответе или в решении задач некоторые неточности.

Оценка "хорошо" (5 баллов) 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.

Оценка "удовлетворительно" (4 балла) 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.

Оценка "удовлетворительно" (3 балла) 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.

Оценка "неудовлетворительно" (2 балла) 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.

Оценка "неудовлетворительно" (1 балл) 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 дифференцированного зачета обучающемуся предоставляется 40 минут на подготовку. Опрос обучающегося по билету на дифференцированном зачете не должен превышать двух астрономических часов.

Во время проведения дифференцированного зачета обучающиеся могут пользоваться программой дисциплины, конспектами лекций, а также любой справочной литературой.