

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ (НИ ТГУ)

Физический факультет

УТВЕРЖДАЮ:  
Декан физического факультета  
 С.Н. Филимонов

« 01 »  09 г. 2022 г.

Рабочая программа дисциплины

**Биофизические основы живых систем**

по направлению подготовки

**03.04.02 Физика**

Направленность (профиль) подготовки  
«Физические методы и информационные технологии в биомедицине»

Форма обучения

**Очная**

Квалификация

**Магистр**

Год приема

**2022**

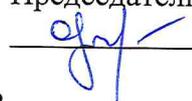
Код дисциплины в учебном плане: Б1.О.02

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ОП

 В.П. Демкин

Председатель УМК

 О.М. Сюсина

Томск – 2022

## **1. Цель и планируемые результаты освоения дисциплины (модуля)**

Целью освоения дисциплины является формирование следующих компетенций:

- УК-1 – способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, выработать стратегию действий;
- ОПК-2 – способен в сфере своей профессиональной деятельности организовывать самостоятельную и коллективную научно-исследовательскую деятельность для поиска, выработки и принятия решений в области физики.

Результатами освоения дисциплины являются следующие индикаторы достижения компетенций:

- ИУК-1.1. Выявляет проблемную ситуацию, на основе системного подхода осуществляет ее многофакторный анализ и диагностику.
- ИУК-1.2. Осуществляет поиск, отбор и систематизацию информации для определения альтернативных вариантов стратегических решений в проблемной ситуации
- ИОПК-2.1. Оценивает перспективность планируемых исследований с точки зрения трендов развития выбранной научной области.
- ИОПК-2.2. Определяет задачи научного исследования, составляет план работ, распределяет обязанности между членами научного коллектива.

## **2. Задачи освоения дисциплины**

- Изучение биофизических основ функционирования биологических объектов.
- Знакомство с основными биофизическими методами исследования биологических объектов.

## **3. Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы**

Дисциплина относится к обязательной части образовательной программы.

Дисциплина освещает вопросы, касающиеся основ электрогенеза в биологических тканях, восприятия и преобразования сигналов в рецепторах, биомеханики кровеносной системы и методов их исследования.

## **4. Семестр(ы) освоения и форма(ы) промежуточной аттестации по дисциплине**

Семестр 3, зачет.

## **5. Входные требования для освоения дисциплины**

Специальные компетенции для освоения дисциплины не предусмотрены.

## **6. Язык реализации**

Английский.

## **7. Объем дисциплины (модуля)**

Общая трудоемкость дисциплины составляет 2 з.е., 72 часа, из которых:

- лекции: 12 ч.;
- практические занятия: 12 ч.

Объем самостоятельной работы студента определен учебным планом.

## **8. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам**

Тема 1. Биофизика клетки

1.1. Мембрана клетки. Строение и функции мембраны клетки. Биофизика трансмембранного транспорта. Пассивный и активный транспорт веществ через

мембрану. Ионные каналы, основные принципы их работы. Проницаемость мембраны для молекул воды.

1.2. Биоэлектрические явления. Пассивные электрические свойства клеточной мембраны. Эквивалентные электрические схемы мембраны клетки. Потенциал покоя мембраны клетки. Уравнение Нернста. Уравнение Гольдмана-Катца. Порог возбуждения. Кривая «сила-длительность», реобаза и хронаксия. Электротонические потенциалы, локальный ответ.

1.3. Биоэлектрические явления. Активные электрические свойства клеточной мембраны. Потенциал действия аксона нейрона. Абсолютная и относительная рефрактерность. Проведение потенциала действия по миелиновому и безмиелиновому волокну. Проведение потенциала действия через функциональные и геометрические неоднородности.

## Тема 2. Биофизика кровеносной системы

2.1. Биофизика системы кровообращения. Биофизика сердца. Строение сердца. Структурные и функциональные особенности кардиомиоцитов. Особенности потенциала действия кардиомиоцитов. Биомеханика миокарда. Закон Франка-Старлинга. Сердечный цикл, его фазы и их характеристики. Механизм автоматизма сердца. Проводящая система сердца. Генерация возбуждения в синоатриальном узле. Проведение возбуждения по сердцу.

2.2. Биофизика системы кровообращения. Анатомические особенности кровеносных сосудов. Функциональное деление сосудистого русла. Структурные и функциональные особенности гладкомышечных клеток. Гемодинамика. Напряжение сдвига. Закон Бернулли. Сопротивление кровотоку. Закон Гагена-Пуазейля.

## Тема 3. Биофизика сенсорных систем

3.1. Понятие сенсорных систем. Общие свойства рецепторов. Этапы рецепторного процесса. Рецепторный потенциал, возбуждающий и тормозный постсинаптический потенциал, генераторный потенциал. Общий механизм рецепторного потенциала. Биофизика слуха. Строение органа слуха. Передача звукового сигнала на структуры внутреннего уха. Особенности структурной организации слуховых рецепторов. Механизм рецепции звука. Механизмы селективной рецепции звуков различной частоты. Распространение звуковой волны по основной мембране внутреннего уха: волны Бекеша, их роль в рецепции звуков.

## 9. Текущий контроль по дисциплине

Текущий контроль по дисциплине проводится путем контроля посещаемости, оценки отчетов по практическим заданиям/проекту. Большой балльный вес имеет выполнение практических работ.

Подготовка к практическим занятиям предполагает самостоятельную работу студентов по поиску, анализу, обработке информации, подготовке отчетов по практике.

Результаты практических заданий, частично или полностью выполняемых в неаудиторное время (самостоятельно), представляются на обсуждение перед аудиторией.

Балльная оценка текущего контроля успеваемости студента по данной дисциплине составляет максимум **100 баллов**.

Таблица 9.1

№ п/п	Вид контроля	Количество	Количество баллов за 1 ед. контроля	Сумма
1.	Посещение лекций	6	1	6
2.	Выполнение практических заданий	2	20	40
3.	Выполнение проекта	1	54	54
	ИТОГО			100

Основным критерием балльной оценки текущего контроля успеваемости является оценка качества ответа студента по содержанию практического задания (полнота и точность ответа, содержательность суждений/ решений практических задач, практическое использование полученных знаний, умений, убедительность и доказательность ответа, владение профессиональным языком).

Индикаторы балльной оценки практического задания:

– 16-20 баллов – ответ не содержит ошибочных расчетов, элементов и утверждений, максимально полно раскрывает суть каждого вопроса, составлен профессиональным языком, содержит выводы;

– 11-15 баллов – в ответе допущены принципиальные ошибки и неточности в расчетах, ответ содержит упущения, составлен профессиональным языком, содержит выводы;

– 6-10 баллов – ответ содержит несколько ошибок в расчетах, упущения, содержание ответов не полное; составлен профессиональным языком, в выводах допущены неточности;

– 0-5 баллов – ответ содержит многочисленные ошибки в расчетах, упущения, содержание ответов не полное; выводы отсутствуют.

Текущий контроль фиксируется в форме контрольной точки не менее одного раза в семестр.

### **10. Порядок проведения и критерии оценивания промежуточной аттестации**

Соответствие 100-балльной шкалы оценок 2-альтернативной шкале оценок:

– 0-75 баллов – «незачтено»;

– 75-100 баллов – «зачтено».

Студент получает зачет, если набирает свыше 75 баллов.

В другом случае промежуточная аттестация проводится в форме письменного зачета по билетам. Билет содержит два теоретических вопроса. Продолжительность зачета 1,5 часа.

Примерный перечень теоретических вопросов

1. Строение и функции мембраны клетки.
2. Пассивный транспорт веществ через мембрану: виды, общая характеристика.
3. Активный транспорт веществ через мембрану: виды, общая характеристика.
4. Ионные каналы, основные принципы их работы.
5. Транспорт воды через мембрану клетки.
6. Пассивные электрические свойства клеточной мембраны.

7. Проводимость тканей для постоянного электрического тока. Явление поляризации, вида поляризации, значение.
8. Проводимость тканей для переменного электрического тока. Дисперсия импеданса, значение.
9. Эквивалентные электрические схемы мембраны клетки.
10. Потенциал покоя мембраны клетки. Уравнение Нернста. Уравнение Гольдмана-Катца.
11. Возбудимость клетки. Порог возбуждения. Кривая «сила-длительность», реобаза и хронаксия.
12. Электротонические потенциалы.
13. Локальный ответ.
14. Потенциал действия мембраны аксона нейрона. Абсолютная и относительная рефрактерность.
15. Проведение потенциала действия по миелиновому и безмиелиновому волокну. Проведение потенциала действия через функциональные и геометрические неоднородности.
16. Строение сердца. Строение и особенности функционирования кардиомиоцита.
17. Биомеханика миокарда. Закон Франка-Старлинга. Сердечный цикл, его фазы и их характеристики.
18. Механизм автоматизма сердца. Проводящая система сердца. Генерация возбуждения в синоатриальном узле. Проведение возбуждения по сердцу.
19. Особенности потенциала действия в различных отделах миокарда.
20. Система кровообращения. Функциональное деление сосудистого русла. Особенности строения стенки кровеносного сосуда. Структурные и функциональные особенности гладкомышечных клеток.
21. Гемодинамика. Напряжение сдвига. Закон Бернулли. Сопротивление кровотоку. Закон Гагена-Пуазейля. Турбулентный и ламинарный ток крови.
22. Понятие сенсорных систем. Общие свойства рецепторов. Этапы рецепторного процесса. Рецепторный потенциал, возбуждающий и тормозный постсинаптический потенциал, генераторный потенциал. Общий механизм рецепторного потенциала.
23. Строение органа слуха. Передача звукового сигнала на структуры внутреннего уха.
24. Особенности структурной организации слуховых рецепторов. Механизм рецепции звука. Механизмы селективной рецепции звуков различной частоты.

## 11. Учебно-методическое обеспечение

- а) Электронный учебный курс по дисциплине в электронном университете «Moodle» – <https://moodle.tsu.ru/course/view.php?id=2951>
- б) оценочные материалы текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине;
- в) примерные темы практических занятий:
  1. Практическое занятие «Исследование дисперсии импеданса ткани»

*Примеры заданий:*

  - Дать определение импеданса биологической ткани, дисперсии импеданса. Перечислить факторы, влияющие на импеданс биологической ткани. Оценить значение явления дисперсии импеданса для проведения переменного тока через биологическую ткань.
  - Привести цель и задачи исследования, описание методики выполнения работы.
  - Определить изменение импеданса биологической ткани при различных частотах переменного тока.
  - Рассчитать коэффициент Тарусова (коэффициент жизнеспособности ткани).
  - Сформулировать вывод.

## Часть 2

2. Практическое занятие «Исследование возбудимости ткани при действии электрического тока»

*Примеры заданий:*

– Дать определение возбудимости, порога возбуждения, реобазы, хронаксии. Указать факторы, влияющие на возбудимость ткани и порог возбуждения.

– Привести цель и задачи исследования, описание методики выполнения работы.

– Меняя соотношение амплитуды и длительности электрического импульса, зарегистрировать величину напряжения тока и длительность воздействия электрического импульса, необходимых для возникновения функционального ответа в электро-возбудимой ткани. Построить кривую «сила-длительность», определить реобазу, хронаксию, полезное время.

– Сформулировать вывод.

3. Практическое занятие «Биофизические основы биологических процессов»

Практическое занятие проводится в виде защиты проектов с целью продемонстрировать понимание и умение применять физические законы для характеристики протекания биологических процессов.

*Примеры заданий для выполнения проекта:*

1. Механизмы фоторецепции
2. Биомеханика мышечного сокращения
3. Электро-механическое сопряжение в скелетных мышцах
4. Биофизические основы внешнего дыхания
5. Биофизические основы клеточного дыхания
6. Реабсорбция и секреция в почечных канальцах
7. Биофизический механизм всасывания в желудочно-кишечном тракте
8. Передача сигнала в электрическом синапсе
9. Передача сигнала в химическом синапсе
10. Кровь как неньютоновская жидкость

При выполнении проекта необходимо:

– Дать описание биологического процесса, его роль в жизнедеятельности организма.

– Определить физические параметры, характеризующие данный процесс.

– Описать механизм протекания процесса, используя физические законы.

– Предложить методы исследования выбранного процесса, дать их описание, выделить преимущества и недостатки, обосновать возможность применения, указать параметры процесса, которые можно определить предложенными методами.

– Представить проект в виде обзорной статьи и презентации.

– Планируется очное представление проекта.

Характерными показателями развития самостоятельности у студента в результате освоения дисциплины являются: теоретическое осмысление изучаемого материала, накопление необходимых умений и навыков, интерес к процессу создания продукта собственной самостоятельной деятельности, умение провести презентацию созданного продукта, умение отстаивать собственную точку зрения или предложенный вариант решения проблемы, рефлексия своей деятельности и результата.

## 12. Перечень учебной литературы и ресурсов сети Интернет

а) основная литература:

1. Антонов В. Ф., Козлова Е. К., Черныш А. М. Физика и биофизика для студентов медицинских вузов: учебник для студентов учреждений высшего профессионального образования, обучающихся по специальностям 060101.65 "Лечебное дело", 060103.65 "Педиатрия", 060105.65 "Медико-профилактическое дело" по дисциплине "Физика" [Электронный ресурс] / В. Ф. Антонов, Е. К. Козлова, А. М. Черныш. - 2-е изд. - М.: ГЭОТАР-Медиа, 2015. - 472 с. - URL: <http://ezproxy.ssmu.ru:2048/login?url=http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785970435267.html>

2. Самойлов В.А. Медицинская биофизика : учебник для вузов [Электронный ресурс] / В. О. Самойлов.— 3-е изд., испр. и доп. — СПб. : СпецЛит, 2013.— 591 с. URL: <http://ezproxy.ssmu.ru:2048/login?url=https://www.books-up.ru/book/medicinskaya-biofizika-3377141/>

б) дополнительная литература:

1. Камкин А.Г., Киселева И.С. Физиология и молекулярная биология мембран клеток. М.: Издательский центр "Академия", 2008; 592 с.

2. Паршин В.Б., Иткин Г.П. Биомеханика кровообращения: Учеб.пособие / Под ред. С.И. Щукина. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2005. – 224 с.

3. Earl E., Mohammadi H. Biomechanics of Human Blood [Electronic resource] // from the edited volume Biomechanics. – 2018. URL: <https://www.intechopen.com/chapters/64383>

4. Gasser T.C. Vascular Biomechanics Concepts, Models, and Applications [Electronic resource] // Springer. – 2022. – 608 p. URL: <https://link.springer.com/content/pdf/10.1007/978-3-030-70966-2.pdf?pdf=button>

### 13. Перечень информационных технологий

а) лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:

– Microsoft Office Professional Plus 2013 Russian: пакет программ. Включает приложения: MS Office Word, MS Office Excel, MS Office Access, MS Office PowerPoint, MS Office OneNote, MS Office Publisher, MS Outlook, MS Office Web Apps (Word Excel MS PowerPoint Outlook);

– публично доступные облачные технологии (Google Docs, Яндекс диск и т.п.);

б) информационные справочные системы:

– Электронный каталог Научной библиотеки ТГУ – <http://chamo.lib.tsu.ru/search/query?locale=ru&theme=system>

– Электронная библиотека (репозиторий) ТГУ – <http://vital.lib.tsu.ru/vital/access/manager/Index>

– ЭБС Сибирского государственного медицинского университета – <http://irbis64.medlib.tomsk.ru>

– ЭБС Лань – <http://e.lanbook.com/>

– ЭБС Консультант студента – <http://www.studentlibrary.ru/>

– Образовательная платформа Юрайт – <https://urait.ru/>

– ЭБС ZNANIUM.com – <https://znanium.com/>

– ЭБС IPRbooks – <http://www.iprbookshop.ru/>

### 14. Материально-техническое обеспечение

Для проведения лекционных и семинарских занятий используется лаборатория моделирования физических процессов в биологии и медицине (аудитория № 442 второго учебного корпуса ТГУ), оснащенная интерактивной доской, звуковым и видеоборудованием, мультимедийным оборудованием для демонстрации презентаций, ресурсов сети Интернет, других учебных материалов. Имеются персональные

компьютеры студентов, с доступом к сети Интернет, в электронную информационно-образовательную среду и к информационным справочным системам.

Для проведения практических занятий может использоваться материально-техническая база кафедры биофизики и функциональной диагностики Сибирского государственного медицинского университета.

Для организации лекций и практических занятий в дистанционном режиме используется технология Zoom, Mind.

## **5. Информация о разработчиках**

Смаглий Людмила Вячеславовна, кандидат медицинских наук, доцент, доцент кафедры биофизики и функциональной диагностики медико-биологического факультета Сибирского государственного медицинского университета.