

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования  
"Казанский (Приволжский) федеральный университет"  
Институт физики



*подписано электронно-цифровой подписью*

## **Программа дисциплины**

Биомембранология

Направление подготовки: 03.04.02 - Физика  
Профиль подготовки: Медицинская физика  
Квалификация выпускника: магистр  
Форма обучения: очное  
Язык обучения: русский  
Год начала обучения по образовательной программе: 2025



## Содержание

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения ОПОП ВО
2. Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП ВО
3. Объем дисциплины (модуля) в зачетных единицах с указанием количества часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся
4. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий
  - 4.1. Структура и тематический план контактной и самостоятельной работы по дисциплине (модулю)
  - 4.2. Содержание дисциплины (модуля)
5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)
6. Фонд оценочных средств по дисциплине (модулю)
7. Перечень литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)
8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины (модуля)
9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)
10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)
11. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)
12. Средства адаптации преподавания дисциплины (модуля) к потребностям обучающихся инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья
13. Приложение №1. Фонд оценочных средств
14. Приложение №2. Перечень литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)
15. Приложение №3. Перечень информационных технологий, используемых для освоения дисциплины (модуля), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем



Программу дисциплины разработал(а)(и): доцент, к.н. Халиуллина А.В. (кафедра медицинской физики, Отделение физики), Aliya.Khaliullina@kpfu.ru

### 1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения ОПОП ВО

Обучающийся, освоивший дисциплину (модуль), должен обладать следующими компетенциями:

Шифр компетенции	Расшифровка приобретаемой компетенции
ПК-3	Способен принимать участие в разработке новых методов и методических подходов в научно-инновационных исследованиях и инженерно-технологической деятельности.

Обучающийся, освоивший дисциплину (модуль):

Должен знать:

- основные физико-химические принципы формирования и функционирования биологических мембран;
- основы функционирования биологических молекул, входящих в состав биологических мембран;
- мембранные механизмы возникновения и распространения биопотенциалов (мембранный электрогенез);
- основы межклеточной коммуникации и передачи сигналов внутри отдельных клеток через биомембрану;
- основы биофизики рецепции мембранных процессов;
- структурно-динамические методы исследования биологических мембран.

Должен уметь:

- анализировать процессы и явления, изучаемые мембранологией;
- формулировать и планировать задачи исследований в области биофизики мембран;
- воспроизводить современные методы исследования и разрабатывать новые методические подходы для решения задач в области биофизики мембран;
- анализировать данные биофизических методов исследований;
- использовать данные биофизических методов исследования для решения задач в области биофизики мембран.

Должен владеть:

- навыками расчета физических параметров биологических мембран; навыками использования теоретических знаний в области физики биомембран для объяснения особенностей действия физических факторов на биомембраны.

Должен демонстрировать способность и готовность:

- самостоятельно проводить научные изыскания в области физики биомембран, анализировать результаты и делать выводы

### 2. Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП ВО

Данная дисциплина (модуль) включена в раздел "Б1.В.ДВ.09.02 Дисциплины (модули)" основной профессиональной образовательной программы 03.04.02 "Физика (Медицинская физика)" и относится к дисциплинам по выбору части ОПОП ВО, формируемой участниками образовательных отношений.

Осваивается на 2 курсе в 3 семестре.

### 3. Объем дисциплины (модуля) в зачетных единицах с указанием количества часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетных(ые) единиц(ы) на 108 часа(ов).

Контактная работа - 27 часа(ов), в том числе лекции - 14 часа(ов), практические занятия - 12 часа(ов), лабораторные работы - 0 часа(ов), контроль самостоятельной работы - 1 часа(ов).



Самостоятельная работа - 81 часа(ов).

Контроль (зачёт / экзамен) - 0 часа(ов).

Форма промежуточного контроля дисциплины: зачет в 3 семестре.

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

##### 4.1 Структура и тематический план контактной и самостоятельной работы по дисциплине (модулю)

N	Разделы дисциплины / модуля	Се-местр	Виды и часы контактной работы, их трудоемкость (в часах)						Само-стоя-тельная ра-бота
			Лекции, всего	Лекции в эл. форме	Практи-ческие занятия, всего	Практи-ческие в эл. форме	Лабора-торные работы, всего	Лабора-торные в эл. форме	
1.	Тема 1. Молекулярная организация биологических мембран	3	2	0	1	0	0	0	8
2.	Тема 2. Структура и свойства мембранных липидов	3	1	0	1	0	0	0	8
3.	Тема 3. .Фазовые переходы в мембранных системах	3	1	0	1	0	0	0	8
4.	Тема 4. Физические свойства биологических мембран	3	1	0	1	0	0	0	8
5.	Тема 5. Транспорт веществ через биологические мембраны	3	2	0	1	0	0	0	8
6.	Тема 6. Биоэлектrogenез	3	2	0	2	0	0	0	8
7.	Тема 7. Межклеточная коммуникация и передача сигналов через биомембрану	3	1	0	1	0	0	0	8
8.	Тема 8. Структурные методы исследования биомембран	3	1	0	1	0	0	0	8
9.	Тема 9. Динамические методы исследования биомембран	3	1	0	1	0	0	0	8
10.	Тема 10. Резонансные методы исследования биомембран	3	2	0	2	0	0	0	9
	Итого		14	0	12	0	0	0	81

##### 4.2 Содержание дисциплины (модуля)

###### Тема 1. Молекулярная организация биологических мембран

Понятие о биологической мембране. Эволюция представлений об устройстве биомембраны. Модель Гортера и Грендела, Модель "сэндвича", модель Зингера и Николсона. Состав биомембран: липиды, мембранные белки и углеводные компоненты клеточных мембран. Функции биологических мембран: матричная, сигнальная, барьерная, энергетическая, метаболическая. Строение клетки. Органеллы клетки. Типы биомембран, их функции и строение. Особенности межмолекулярных взаимодействий в биомембране.

###### Тема 2. Структура и свойства мембранных липидов

Классификация липидов. Простые липиды - жиры, воски. Жирные кислоты. Стереоконфигурация жирных кислот. Мембранные липиды: фосфолипиды, гликолипиды, стероиды. Биологические функции мембранных липидов. Классификация фосфолипидов по структуре полярных радикалов. Влияние жирнокислотных хвостов на упаковку бислоя. Принципы организации липидного бислоя. Спонтанное образование бислоя.

###### Тема 3. .Фазовые переходы в мембранных системах

Фазовые переходы в мембранных системах. Механизм фазового перехода в биологической мембране. Подвижность углеводородных звеньев в биологических мембранах. Диффузия кинков. Термодинамические параметры фазовых переходов. Доменная структура при фазовом переходе. Гистерезис. Фазовые состояния бислоя и холестерин.

###### Тема 4. Физические свойства биологических мембран

Механические свойства биомембран. Подвижность молекулярных компонентов. Упругие свойства биомембран. Механизм разрушения липидного бислоя. Дефект типа сквозной поры. Модель критической поры. Влияние электрических полей на биомембраны. Электропробой биомембраны. Пробой как следствие локальных дефектов и электропорация. Действие переменного электрического поля на биомембране.



### **Тема 5. Транспорт веществ через биологические мембраны**

Общее представление о транспорте веществ через биологические мембраны. Пассивный и активный транспорт веществ, движущие силы. Виды пассивного транспорта: Простая диффузия, Диффузия через каналы, Облегченная диффузия. Молекулярные механизмы простой диффузии. Особенности транспорта молекул через ионные каналы. Виды ионных каналов в зависимости от способов активации "воротного" механизма. Механизмы обеспечения селективности ионных каналов. Блокаторы ионных каналов, их использование в медицинской практике. Биологические токсины - блокаторы ионных каналов. Механизмы облегченной диффузии. Общие принципы строения молекул-переносчиков (валиномицин, грамицидин).

Электрохимический потенциал. Уравнение Теорелла (общее уравнение пассивного транспорта). Уравнение Нернста-Планка пассивного транспорта ионов в поле электрохимического потенциала. Диффузия вещества через липидный бислой. Основной закон диффузии (закон Фика). Проницаемость.

Виды активного транспорта веществ через мембраны: Первичный активный транспорт, Вторичный активный транспорт. Понятие об АТФ-зависимой активности молекул переносчиков.

Принцип работы механизмов активного транспорта на примерах переноса ионов натрия, калия, кальция, протонов, глюкозы. Блокаторы активного транспорта веществ. Последствия блокады активного транспорта.

### **Тема 6. Биоэлектrogenез**

Понятие о возбудимых и невозбудимых тканях. Механизм возникновения трансмембранной разности потенциалов. Роль ионных градиентов и ионоселективных свойств биологических мембран. Простейшие модели для изучения механизмов возникновения трансмембранной разности потенциалов. Уравнение Нернста. Потенциал покоя. Понятие о равновесном потенциале. Натриевый и калиевый равновесные потенциалы. Токи "утечки" мембран. Изменение потенциала покоя реальной клетки при изменениях содержания в среде ионов натрия, калия и хлора. Изменение потенциала покоя реальной клетки при блокировании натрий-калиевого насоса. Механизм генерации и распространения потенциала действия. Роль натриевых каналов. Распределение натриевых каналов в мембранах миелинизированных и не-миелинизированных (безмякотных) аксонов. Особенности распространения возбуждения по миелинизированному и немиелинизированному нервным волокнам. Влияние блокаторов ионных каналов на проведение возбуждения. Механизм действия местных анестетиков.

Постоянный и импульсный токи и их взаимодействие с биообъектами. Эффекты в тканях организма при действии постоянного электрического тока. Лечебное применение постоянного тока. Гальванизация. Лекарственный электрофорез. Импульсные токи. Характеристики импульсных токов. Закон Вейса-Лапики. Кривая сила-длительность.

### **Тема 7. Межклеточная коммуникация и передача сигналов через биомембрану**

Межклеточная коммуникация и передача сигнала внутри отдельных клеток через биомембрану. Мембранные рецепторы и сигнальные молекулы. Рецепторы, сопряженные с G-белками. Механизмы активации мембранных рецепторов. Вторичные мессенджеры. Реализация внеклеточных сигналов внутри клетки. Глутаматные рецепторы.

### **Тема 8. Структурные методы исследования биомембран**

Дифракция рентгеновских лучей. Основы рентгеноструктурного анализа. Рентгеноструктурный анализ, основанный на дифракции рентгеновских лучей при их когерентном рассеянии на многослойных мембранных образованиях. Малоугловое рассеяние рентгеновских лучей. Электронная микроскопия. Атомная силовая микроскопия. Параметры, получаемые при помощи структурных методов и их связь со строением биомембран.

### **Тема 9. Динамические методы исследования биомембран**

Флуоресцентная спектроскопия (и использование флуоресцентных зондов). Восстановление флуоресценции после обесцвечивания. Дисперсия оптического вращения и круговой дихроизм. Дифференциальная сканирующая калориметрия в изучение фазовых переходов липидов (ДПЛ). Кривые теплоемкости и плавления ДПЛ. Параметры, получаемые при помощи динамических методов и их связь со функциями биомембран.

### **Тема 10. Резонансные методы исследования биомембран**

Метод электронного парамагнитного резонанса (ЭПР) в исследовании биомембран и их компонент. Спиновые метки. Метод Ядерного магнитного резонанса (ЯМР) в исследовании биомембран и их компонент. Модельные биологические мембраны. Возможности резонансных методов в исследовании структуры и динамики биологических мембран и их компонент. Теория свободного объема и гидродинамическая модель.

## **5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)**

Самостоятельная работа обучающихся выполняется по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия. Самостоятельная работа подразделяется на самостоятельную работу на аудиторных занятиях и на внеаудиторную самостоятельную работу. Самостоятельная работа обучающихся включает как полностью самостоятельное освоение отдельных тем (разделов) дисциплины, так и проработку тем (разделов), осваиваемых во время аудиторной работы. Во время самостоятельной работы обучающиеся читают и конспектируют учебную, научную и справочную литературу, выполняют задания, направленные на закрепление знаний и отработку умений и навыков, готовятся к текущему и промежуточному контролю по дисциплине.



Организация самостоятельной работы обучающихся регламентируется нормативными документами, учебно-методической литературой и электронными образовательными ресурсами, включая:

Порядок организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования - программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры (утвержден приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 6 апреля 2021 года №245)

Письмо Министерства образования Российской Федерации №14-55-99бин/15 от 27 ноября 2002 г. "Об активизации самостоятельной работы студентов высших учебных заведений"

Устав федерального государственного автономного образовательного учреждения "Казанский (Приволжский) федеральный университет"

Правила внутреннего распорядка федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего профессионального образования "Казанский (Приволжский) федеральный университет"

Локальные нормативные акты Казанского (Приволжского) федерального университета

Биофизика - <http://www.chelsma.ru/files/misc/antonovv.f.-biofizika.2000.pdf>

Диффузия липидов в биологических мембранах - <https://kpfu.ru/docs/F324280203/Diffuziya.pdf>

## **6. Фонд оценочных средств по дисциплине (модулю)**

Фонд оценочных средств по дисциплине (модулю) включает оценочные материалы, направленные на проверку освоения компетенций, в том числе знаний, умений и навыков. Фонд оценочных средств включает оценочные средства текущего контроля и оценочные средства промежуточной аттестации.

В фонде оценочных средств содержится следующая информация:

- соответствие компетенций планируемым результатам обучения по дисциплине (модулю);
- критерии оценивания сформированности компетенций;
- механизм формирования оценки по дисциплине (модулю);
- описание порядка применения и процедуры оценивания для каждого оценочного средства;
- критерии оценивания для каждого оценочного средства;
- содержание оценочных средств, включая требования, предъявляемые к действиям обучающихся, демонстрируемым результатам, задания различных типов.

Фонд оценочных средств по дисциплине находится в Приложении 1 к программе дисциплины (модулю).

## **7. Перечень литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)**

Освоение дисциплины (модуля) предполагает изучение основной и дополнительной учебной литературы. Литература может быть доступна обучающимся в одном из двух вариантов (либо в обоих из них):

- в электронном виде - через электронные библиотечные системы на основании заключенных КФУ договоров с правообладателями;

- в печатном виде - в Научной библиотеке им. Н.И. Лобачевского. Обучающиеся получают учебную литературу на абонементе по читательским билетам в соответствии с правилами пользования Научной библиотекой.

Электронные издания доступны дистанционно из любой точки при введении обучающимся своего логина и пароля от личного кабинета в системе "Электронный университет". При использовании печатных изданий библиотечный фонд должен быть укомплектован ими из расчета не менее 0,5 экземпляра (для обучающихся по ФГОС 3++ - не менее 0,25 экземпляра) каждого из изданий основной литературы и не менее 0,25 экземпляра дополнительной литературы на каждого обучающегося из числа лиц, одновременно осваивающих данную дисциплину.

Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля), находится в Приложении 2 к рабочей программе дисциплины. Он подлежит обновлению при изменении условий договоров КФУ с правообладателями электронных изданий и при изменении комплектования фондов Научной библиотеки КФУ.

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

Molecular biophysics and biotechnology - <https://sites.google.com/site/biophysicsbiomembranes/home>

Биомолекулы - <https://biomolecula.ru/>

Информационный портал по вопросам биомедицинской инженерии - [ilab.xmedtest.net](http://ilab.xmedtest.net)

Наглядная биохимия. Я. Кольман, К.-Г. Рем, Ю.Вирт - <https://xumuk.ru/biochem/>

Наука из первых уст - <https://scfh.ru/>



Пушкинский научный центр - <http://www.yras.ru/pnc.html>

Справочник биофизики России - <http://www.library.biophys.msu.ru/rubin/>

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

Вид работ	Методические рекомендации
лекции	<p>В ходе лекционных занятий студенты должны:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- конспектировать учебный материал; обращая внимание на категории, формулировки, раскрывающие содержание тех или иных явлений и процессов, научные выводы и практические рекомендации;</li> <li>- задавать преподавателю уточняющие вопросы с целью уяснения теоретических положений, разрешения спорных ситуаций.</li> </ul> <p>Работа над конспектом лекции начинается в процессе написания конспекта. Для улучшения конспекта можно использовать сигнальные знаки, способствующие усилению информативности. Также на помощь конспектирующему приходит система сокращенных слов и словосочетаний. Просматривать конспект лекции лучше сразу после занятий, отмечая материал, который вызывает затруднения для понимания. Для нахождения ответов на затруднительные вопросы нужно использовать предлагаемую литературу. Если самостоятельно не удалось разобраться в материале, нужно сформулировать вопрос и обратиться к преподавателю на ближайшей лекции или консультации.</p> <p>Особенности конспекта:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Конспект требует быстрой записи.</li> <li>2. Конспект должен легко читаться и хорошо запоминаться.</li> <li>3. В конспекте допускаются такие формы, которые понятны только автору.</li> <li>4. Конспект - это запись смысла лекции.</li> </ol>
практические занятия	<p>В ходе подготовки к практическим занятиям студентам следует:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- последовательно и детально изучать основную литературу;</li> <li>- ознакомиться с дополнительной литературой, новыми публикациями в периодических изданиях: журналах, Интернет-ресурсах и т.д. При этом необходимо учитывать все рекомендации преподавателя и требования учебной программы;</li> <li>- дорабатывать свой конспект лекций, делая в нем соответствующие записи из литературы, рекомендованной преподавателем и предусмотренной учебной программой;</li> <li>- подготовить тезисы для выступлений по всем учебным вопросам, выносимым на практическое занятие;</li> <li>- готовясь к устному опросу или выполнению задания на практических занятиях, обращаться за методической помощью к преподавателю; и обязательно иметь при себе план-конспект своего выступления.</li> </ul> <p>В ходе практического занятия студенты должны:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- принимать активное участие в обсуждении учебных вопросов: выступать с докладами, рефератами, обзорами научных статей, отдельных публикаций периодической печати, касающихся содержания темы практического занятия;</li> <li>- внимательно слушать выступления своих однокурсников, при необходимости задавать им уточняющие вопросы или дополнять их выступление новой и актуальной информацией;</li> <li>- с целью разъяснения наиболее сложных проблем изучаемого материала задавать вопросы преподавателю.</li> </ul>
самостоятельная работа	<p>Самостоятельная работа проводится под контролем преподавателя в форме плановых консультаций и форм отчетности. Студент обязан в полном объеме использовать время самостоятельной работы, предусмотренное настоящей рабочей программой, для изучения соответствующих разделов дисциплины, и своевременно обращаться к преподавателю в случае возникновения затруднений при выполнении заданий в рамках самостоятельной работы. Прорабатывая материал лекций во время самостоятельной работы, необходимо отметить в конспекте утверждения, определения, выводы, смысл или обоснованность положений, которые неясны, и обратиться к рекомендуемой литературе за разъяснениями. В случае, если знакомство с рекомендуемой литературой не сняло этих трудностей, необходимо обратиться к преподавателю с вопросом на практическом занятии или в интервал времени, который выделен для индивидуальных консультаций.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Повторите изученный материал по теме самостоятельной работы.</li> <li>2. При затруднении, обращайтесь к рекомендованным преподавателем источникам: учебникам, пособиям, электронным ресурсам.</li> <li>3. Начинаяте выполнять работу с наиболее легких, по Вашему мнению, заданий.</li> <li>4. Выполняйте работу самостоятельно, не допускайте списывания.</li> <li>5. Внимательно проверяйте выполненные задания, своевременно корректируйте ошибки.</li> </ol>



Вид работ	Методические рекомендации
зачет	<p>Зачет как форма промежуточного контроля и организации обучения служит приемом проверки степени усвоения учебного материала и лекционных занятий, качества усвоения обучающимися отдельных разделов учебной программы, сформированных умений и навыков.</p> <p>Зачет проводится в объеме учебной программы. Преподаватель вправе задать дополнительные вопросы, помогающие выяснить степень знаний обучающегося в пределах учебного материала, вынесенного на зачет.</p> <p>Подготовка обучающегося к зачету включает в себя три этапа:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- самостоятельная работа в течение процесса обучения;</li> <li>- непосредственная подготовка в дни, предшествующие зачету по темам курса;</li> <li>- подготовка к ответу на вопросы, содержащиеся в билетах (при письменной форме проведения зачета).</li> </ul> <p>Литература для подготовки к зачету рекомендуется преподавателем.</p>

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

Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем, представлен в Приложении 3 к рабочей программе дисциплины (модуля).

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

Материально-техническое обеспечение образовательного процесса по дисциплине (модулю) включает в себя следующие компоненты:

Помещения для самостоятельной работы обучающихся, укомплектованные специализированной мебелью (столы и стулья) и оснащенные компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду КФУ.

Учебные аудитории для контактной работы с преподавателем, укомплектованные специализированной мебелью (столы и стулья).

Компьютер и принтер для распечатки раздаточных материалов.

Мультимедийная аудитория.

#### **12. Средства адаптации преподавания дисциплины к потребностям обучающихся инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья**

При необходимости в образовательном процессе применяются следующие методы и технологии, облегчающие восприятие информации обучающимися инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья:

- создание текстовой версии любого нетекстового контента для его возможного преобразования в альтернативные формы, удобные для различных пользователей;
- создание контента, который можно представить в различных видах без потери данных или структуры, предусмотреть возможность масштабирования текста и изображений без потери качества, предусмотреть доступность управления контентом с клавиатуры;
- создание возможностей для обучающихся воспринимать одну и ту же информацию из разных источников - например, так, чтобы лица с нарушениями слуха получали информацию визуально, с нарушениями зрения - аудиально;
- применение программных средств, обеспечивающих возможность освоения навыков и умений, формируемых дисциплиной, за счёт альтернативных способов, в том числе виртуальных лабораторий и симуляционных технологий;
- применение дистанционных образовательных технологий для передачи информации, организации различных форм интерактивной контактной работы обучающегося с преподавателем, в том числе вебинаров, которые могут быть использованы для проведения виртуальных лекций с возможностью взаимодействия всех участников дистанционного обучения, проведения семинаров, выступления с докладами и защиты выполненных работ, проведения тренингов, организации коллективной работы;
- применение дистанционных образовательных технологий для организации форм текущего и промежуточного контроля;
- увеличение продолжительности сдачи обучающимся инвалидом или лицом с ограниченными возможностями здоровья форм промежуточной аттестации по отношению к установленной продолжительности их сдачи;
- продолжительности сдачи зачёта или экзамена, проводимого в письменной форме, - не более чем на 90 минут;



- продолжительности подготовки обучающегося к ответу на зачёте или экзамене, проводимом в устной форме, - не более чем на 20 минут;
- продолжительности выступления обучающегося при защите курсовой работы - не более чем на 15 минут.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО и учебным планом по направлению 03.04.02 "Физика" и магистерской программе "Медицинская физика".



### Перечень литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)

Направление подготовки: 03.04.02 - Физика

Профиль подготовки: Медицинская физика

Квалификация выпускника: магистр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

Год начала обучения по образовательной программе: 2025

#### Основная литература:

1. Волькенштейн, М. В. Биофизика : учебное пособие / М. В. Волькенштейн. - 4-е изд., стер. - Санкт-Петербург : Лань, 2022. - 608 с. - ISBN 978-5-8114-0851-1. - Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. - URL: <https://e.lanbook.com/book/210956> (дата обращения: 15.05.2025). - Режим доступа: для авториз. пользователей.
2. Ремизов, А. Н. Медицинская и биологическая физика : учебник / А. Н. Ремизов. - 4-е изд., испр. и перераб. - Москва : ГЭОТАР-Медиа, 2023. - 656 с. - ISBN 978-5-9704-7498-3. - Текст : электронный // ЭБС 'Консультант студента' : [сайт]. - URL : <https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785970474983.html> (дата обращения: 15.05.2025). - Режим доступа: по подписке.
3. Плутахин, Г. А. Биофизика : учебное пособие / Г. А. Плутахин, А. Г. Кошцаев. - 2-е изд., перераб., доп. - Санкт-Петербург : Лань, 2022. - 240 с. - ISBN 978-5-8114-1332-4. - Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. - URL: <https://e.lanbook.com/book/211001> (дата обращения: 15.05.2025). - Режим доступа: для авториз. пользователей.

#### Дополнительная литература:

1. Северин Е.С. Биохимия: учебник / под ред. Е. С. Северина. - 5-е изд., испр. и доп. - М.: ГЭОТАР-Медиа, 2016. - 768 с. - ISBN 978-5-9704-3762-9. - Текст : электронный // ЭБС 'Консультант студента': [сайт]. - URL: <https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785970437629.html> (дата обращения: 15.05.2025). - Режим доступа: по подписке.
2. Антонов В.Ф., Физика и биофизика: учебник / В. Ф. Антонов, Е. К. Козлова, А. М. Черныш - 2-е изд., испр. и доп. - М.: ГЭОТАР-Медиа, 2014. - 472 с. - ISBN 978-5-9704-2788-0. - Текст : электронный // ЭБС 'Консультант студента': [сайт]. - URL: <https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785970427880.html> (дата обращения: 15.05.2025). - Режим доступа: по подписке.
3. Болдырев, А. А. Биомембранология: учебное пособие / А.А. Болдырев, Е.И. Кяйвяряйнен, В.А. Илюха. - Изд. 2-е, испр. и доп. - Красноярск: Сибирский федеральный ун-т, 2008. - 186 с. ISBN 978-5-7638-1241-1. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/345146> (дата обращения: 15.05.2025). - Режим доступа: по подписке.



**Перечень информационных технологий, используемых для освоения дисциплины (модуля), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем**

Направление подготовки: 03.04.02 - Физика

Профиль подготовки: Медицинская физика

Квалификация выпускника: магистр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

Год начала обучения по образовательной программе: 2025

Освоение дисциплины (модуля) предполагает использование следующего программного обеспечения и информационно-справочных систем:

Операционная система Microsoft Windows 7 Профессиональная или Windows XP (Volume License)

Пакет офисного программного обеспечения Microsoft Office 365 или Microsoft Office Professional plus 2010

Браузер Mozilla Firefox

Браузер Google Chrome

Adobe Reader XI или Adobe Acrobat Reader DC

Kaspersky Endpoint Security для Windows

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе "ZNANIUM.COM", доступ к которой предоставлен обучающимся. ЭБС "ZNANIUM.COM" содержит произведения крупнейших российских учёных, руководителей государственных органов, преподавателей ведущих вузов страны, высококвалифицированных специалистов в различных сферах бизнеса. Фонд библиотеки сформирован с учетом всех изменений образовательных стандартов и включает учебники, учебные пособия, учебно-методические комплексы, монографии, авторефераты, диссертации, энциклопедии, словари и справочники, законодательно-нормативные документы, специальные периодические издания и издания, выпускаемые издательствами вузов. В настоящее время ЭБС ZNANIUM.COM соответствует всем требованиям федеральных государственных образовательных стандартов высшего образования (ФГОС ВО) нового поколения.

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе Издательства "Лань", доступ к которой предоставлен обучающимся. ЭБС Издательства "Лань" включает в себя электронные версии книг издательства "Лань" и других ведущих издательств учебной литературы, а также электронные версии периодических изданий по естественным, техническим и гуманитарным наукам. ЭБС Издательства "Лань" обеспечивает доступ к научной, учебной литературе и научным периодическим изданиям по максимальному количеству профильных направлений с соблюдением всех авторских и смежных прав.

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе "Консультант студента", доступ к которой предоставлен обучающимся. Многопрофильный образовательный ресурс "Консультант студента" является электронной библиотечной системой (ЭБС), предоставляющей доступ через сеть Интернет к учебной литературе и дополнительным материалам, приобретенным на основании прямых договоров с правообладателями. Полностью соответствует требованиям федеральных государственных образовательных стандартов высшего образования к комплектованию библиотек, в том числе электронных, в части формирования фондов основной и дополнительной литературы.