

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



**УТВЕРЖДАЮ**  
Проректор по образовательной деятельности КФУ  
\_\_\_\_\_ Турилова Е.А.  
"\_\_\_" \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

**Программа дисциплины**  
Физика биомолекулярных 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: 2024

## 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:

типы биомолекулярных систем; физические методы исследования структуры и динамики биомолекулярных систем; основные современные проблемы и новейшие достижения в области физики биомолекулярных систем; основные современные методы и методические подходы в научно-инновационных исследованиях в области физики биомолекулярных систем

Должен уметь:

анализировать физические процессы и явления биомолекулярных систем; формулировать задачи исследований в области биофизики биомолекулярных систем;

применять на практике теоретические знания в области физики биомолекулярных систем; анализировать данные физических методов исследований биомолекулярных систем; использовать физические методы исследования для решения задач в области физики биомолекулярных систем.

Должен владеть:

навыками расчета физических параметров биомолекулярных систем; навыками использования теоретических знаний в области физики биомолекулярных систем для объяснения особенностей действия физических факторов на биомолекулярные системы.

Должен демонстрировать способность и готовность:

применять полученные знания на практике.

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

Данная дисциплина (модуль) включена в раздел "Б1.В.ДВ.09.01 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- тель- ная 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. Термодинамика биологических процессов	3	4	0	4	0	0	0	15
2.	Тема 2. Квантовая биофизика	3	1	0	1	0	0	0	11
3.	Тема 3. Физические свойства клетки	3	2	0	2	0	0	0	15
4.	Тема 4. Биоэлектrogenез	3	4	0	2	0	0	0	15
5.	Тема 5. Межклеточная передача сигнала	3	1	0	1	0	0	0	10
6.	Тема 6. Физические методы исследования структуры и динамики биомолекулярных систем.	3	2	0	2	0	0	0	15
	Итого		14	0	12	0	0	0	81

**4.2 Содержание дисциплины (модуля)**

**Тема 1. Термодинамика биологических процессов**

Первый и второй законы термодинамики. Термодинамические потенциалы. Применение I закона термодинамики, Закон Гесса. Методы измерения расхода энергии в организме (принцип прямой и непрямой калориметрии). Энтропия как критерий протекания самопроизвольного процесса. Расчёт изменения энтропии в различных процессах. III закон термодинамики.

Второй закон термодинамики для живых систем. Постулат термодинамики необратимых процессов в применении к открытым системам (например биологическим) состоит в том, что все изменение энтропии нашей системы складывается из двух частей (2 рода процессов), характеризующих обмен с внешней средой и внутренние необратимые процессы. Уравнение Пригожина выражает суть энергетических процессов, происходящих в открытой биологической системе.

Биоэнергетика - наука о преобразовании энергии в живых системах. Основные формы энергии в биосистемах (электрическая, осмотическая, химическая). Законы биоэнергетики. Эндергонические и экзергонические реакции. Изменение стандартной свободной энергии Гиббса эндергонической реакции является положительным, а изменение энтропии уменьшается. Эндергонические реакции не являются спонтанными. Примеры эндергонических реакций включают эндотермические реакции, такие как фотосинтез и таяние льда в жидкую воду. Изменение стандартной свободной энергии Гиббса экзергонической реакции отрицательно, изменение энтропии увеличивается. Экзергонические реакции протекают самопроизвольно. Примеры экзергонических реакций включают экзотермические реакции, такие как смешивание натрия и хлора с получением поваренной соли, горение и хемилюминесценция. Энергетика животной клетки. Энергетика растительной клетки. Биофизика фотосинтеза.

Состояние воды и гидрофобные взаимодействия в биоструктурах. Роль воды в процессе самосборки сложных надмолекулярных биоструктур. Динамика фазовых переходов в макромолекулах.

**Тема 2. Квантовая биофизика**

Квантовая биофизика - раздел науки, изучающий электронное строение биологических молекул, электронные переходы в них, процессы превращения энергии возбужденных состояний молекул в другие виды энергии. Предметом исследования квантовой биофизики являются: строение электронных энергетических уровней молекул; донорно-акцепторные свойства биологических молекул; поглощение света веществом и люминесценция с точки зрения электронных переходов; механизм свободнорадикальных процессов и свойства свободных радикалов; химические реакции электронно-возбужденных молекул; химические свойства фотопродуктов; механизм хемилюминесценции.

**Тема 3. Физические свойства клетки**

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 биомембрану. Фазовые переходы в мембранных системах. Подвижность углеводородных звеньев в биологических мембранах. Диффузия кинков. Термодинамические параметры фазовых переходов. Доменная структура при фазовом переходе. Фазовые состояния бислоя и холестерина. Дифференциальная сканирующая калориметрия - метод позволяющий получить информацию о термодинамике модельных и биологических мембран.

Электропроводимость биологических тканей и жидкостей. Физические процессы в тканях при воздействии током и электромагнитными полями. Терапевтические методы, основанные на использовании постоянного тока.

Характеристики импульсных токов. Закон Вейса-Лапика. Кривая сила-длительность. Воздействие переменными токами. Дисперсия электропроводности тканей. Эквивалентная электрическая схема тканей организма. Физические принципы реографии.

Поверхностное натяжение клеток. Адсорбционное уравнение Гиббса. Свойства поверхностно-активных веществ (ПАВ) и поверхностно-инактивных веществ (ПИВ).

#### **Тема 4. Биоэлектрогенез**

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.

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 изменении 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. Теория Ходжкина-Хаксли (теория нервной проводимости).

Нервно-мышечный синапс как пример химического синапса.

Электрическая активность сердца. Потенциал действия кардиомиоцита. Электрография. Электрокардиограмма. Теория Эйнтховена. Распространение возбуждения в сердце.

#### **Тема 5. Межклеточная передача сигнала**

Межклеточная коммуникация и передача сигнала внутри отдельных клеток через биомембрану. Классы химических посредников. Механизмы передачи сигнала между клетками: паракринный, аутокринный, эндокринный (гормональный) и межклеточные контакты. Мембранные рецепторы и сигнальные молекулы. Рецепторы, сопряжённые с G-белками. Типы G-белков. Механизмы активации мембранных рецепторов. Вторичные мессенджеры. Реализация внеклеточных сигналов внутри клетки. Глутаматные рецепторы.

#### **Тема 6. Физические методы исследования структуры и динамики биомолекулярных систем.**

Структура и динамика биомолекулярных систем сегодня исследуется различными физическими методами: зондовой микроскопией, ЯМР с импульсным градиентом магнитного поля, методом локальной фиксации потенциала и т.д. В построении морфологической схемы сигнальных систем большой вклад вносит молекулярная биология. В понимание динамики биомолекулярных систем большой вклад вносит математическое моделирование.

### **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 Рубин А.Б. - <http://www.library.biophys.msu.ru/rubin/>

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

Российская государственная библиотека - <https://www.rsl.ru/>

## **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/>

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

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

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

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

Вид работ	Методические рекомендации
лекции	Лекция / Написание конспекта лекций: кратко, схематично, последовательно фиксировать основные положения, выводы, формулировки, обобщения; пометать важные мысли, выделять ключевые слова, термины. Проверка терминов, понятий с помощью энциклопедий, словарей, справочников с выписыванием толкований в тетрадь. Обозначить вопросы, термины, материал, который вызывает трудности, пометить и попытаться найти ответ в рекомендуемой литературе. Если самостоятельно не удастся разобраться в материале, необходимо сформулировать вопрос и задать преподавателю на консультации.
практические занятия	Лабораторная работа / Подготовка предполагает проработку методического указания к данной лабораторной работе и проработку лекционного материала по теме лабораторной работы. Практические занятия выполняются на компьютере. Представляется в виде .docx файла. Страницы должны быть пронумерованы. Вверху справа первого листа указываются фамилия и инициалы студента, номер группы, номер практического занятия и его название. Практическое занятие должна быть выполнена студентом самостоятельно. При выполнении практического занятия допускается использовать мобильные устройства. Практическое занятие должна быть оформлена последовательно, грамотно и разборчиво. Если самостоятельно не удастся разобраться в материале, необходимо сформулировать вопрос и задать преподавателю или лаборанту.
самостоятельная работа	При подготовке к самостоятельной работе следует повторно разобрать задания, которые были разобраны на семинарских занятиях. Студенты могут получить дополнительную информацию по вопросам, вызывающим затруднения при подготовке к самостоятельной работе, на индивидуальных консультациях с преподавателем. Перечень тем самостоятельных работ разрабатывается преподавателем, ведущим дисциплину. Самостоятельных работы составляются таким образом, что охватывают основные аспекты изучаемой дисциплины. Тематика каждой самостоятельной работы озвучивается преподавателем на семинарском занятии. Самостоятельных работа выполняется на компьютере. Представляется в виде .docx файла Страницы должны быть пронумерованы. Вверху справа первого листа указываются фамилия и инициалы студента, номер группы, номер варианта. Самостоятельная работа должна быть выполнена студентом самостоятельно. При выполнении самостоятельной работы допускается использовать мобильные устройства. Самостоятельная работа должна быть оформлена последовательно, грамотно и разборчиво. При возникновении вопросов по оформлению самостоятельной работы студенту следует обращаться за консультацией к преподавателю.
зачет	При подготовке к зачету следует повторно разобрать задания, которые были разобраны на семинарских занятиях. Студенты могут получить дополнительную информацию по вопросам, вызывающим затруднения при подготовке к зачету, на индивидуальных консультациях с преподавателем. Вопросы к зачету составляются таким образом, что охватывают основные аспекты изучаемой дисциплины.

**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: 2024

#### 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: 15.01.2024). - Режим доступа: для авториз. пользователей.
2. Плутахин, Г. А. Биофизика: учебное пособие / Г. А. Плутахин, А. Г. Кошаев. - 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: 15.01.2024). - Режим доступа: для авториз. пользователей.
3. Федорова, В. Н. Краткий курс медицинской и биологической физики с элементами реабилитологии. Лекции и семинары : учебное пособие / В. Н. Федорова, Л. А. Степанова. - 2-е изд., испр. - Москва : ФИЗМАТЛИТ, 2020. - 624 с. - ISBN 978-5-9221-1022-8. - Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. - URL: <https://e.lanbook.com/book/185590> (дата обращения: 15.01.2024). - Режим доступа: для авториз. пользователей.

#### Дополнительная литература:

1. Рубин, А. Б. Биофизика: В 2 т. Т. 1 : Теоретическая биофизика : учебник / Рубин А. Б. - 3-е изд. - Москва : Издательство Московского государственного университета, 2004. - 448 с. (Классический университетский учебник) - ISBN 5-211-06110-1. - Текст : электронный // ЭБС 'Консультант студента' : [сайт]. - URL: <https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN5211061101.html> (дата обращения: 15.01.2024). - Режим доступа: по подписке.
2. Иванов, И. В. Основы физики и биофизики : учебное пособие / И. В. Иванов. - 2-е изд., испр., доп. - Санкт-Петербург : Лань, 2022. - 208 с. - ISBN 978-5-8114-1350-8. - Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. - URL: <https://e.lanbook.com/book/210917> (дата обращения: 15.01.2024). - Режим доступа: для авториз. пользователей.
3. Медведев, И. Н. Физиологическая регуляция организма : учебное пособие / И. Н. Медведев, С. Ю. Завалишина, Н. В. Кутафина. - Санкт-Петербург : Лань, 2022. - 392 с. - ISBN 978-5-8114-2250-0. - Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. - URL: <https://e.lanbook.com/book/212417> (дата обращения: 15.01.2024). - Режим доступа: для авториз. пользователей.
4. 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: 15.01.2024). - Режим доступа: по подписке.
5. 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: 15.01.2024). - 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: 2024

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.