

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**  
**Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования**  
**«Казанский (Приволжский) федеральный университет»**

УТВЕРЖДАЮ

Первый проректор  
Проректор по научной деятельности

  
\_\_\_\_\_ Д.А. Таборский  
« 26 » \_\_\_\_\_ 2025 г.



**Программа кандидатского экзамена по научной специальности**  
**1.3.21 Медицинская физика**

## **Цель и задачи кандидатского экзамена по специальности 1.3.21 Медицинская физика.**

### **Цель.**

Кандидатские экзамены являются составной частью аттестации научных и научно-педагогических кадров. Цель экзамена - установить глубину профессиональных знаний соискателей учёной степени, уровень подготовленности к самостоятельной научно-исследовательской работе. Сдача кандидатских экзаменов обязательна для присуждения учёной степени.

Экзамен по специальной дисциплине должен выявить уровень теоретической и профессиональной подготовки соискателя, знание общих концепций и методологических вопросов соответствующей науки, истории её формирования и развития, фактического материала, основных теоретических и практических проблем данной отрасли знаний.

### **Задачи.**

- проверка уровня знания материала, умения выполнять задания, степени усвоения основной литературы и знакомства с дополнительной литературой,
- определение степени усвоения взаимосвязи основных понятий физики в их значении для приобретаемой профессии,
- выявление творческих способностей соискателя в работе с учебно-программным материалом.

### **Основные требования.**

Основным требованием допуска к сдаче кандидатского экзамена является наличие подписанного заявления и утверждённой дополнительной программы кандидатского экзамена.

Сдача кандидатского экзамена осуществляется в соответствии с календарным учебным графиком и индивидуальным учебным планом аспиранта. Кандидатские экзамены у прикрепленных лиц принимаются в период, установленный приказом ректора КФУ. В случае представления диссертации в совет по защите на соискание учёной степени кандидата наук, возможен приём кандидатских экзаменов вне сроков сессии.

### **Порядок проведения кандидатского экзамена.**

Кандидатский экзамен по специальности проводится в форме экзамена на основе биле-тов. В каждом экзаменационном билете 2 вопроса по основной программе и 1 вопрос по дополнительной программе. Дополнительная программа утверждается на Учёном совете Института физики для каждого аспиранта персонально со списком вопросов по теме диссертационного исследования аспиранта. Подготовка к ответу составляет 1 академический час (60 минут) без перерыва с момента раздачи билетов. Задания оцениваются от 0 до 5 баллов в зависимости от полноты и правильности ответов.

### **Критерии оценивания.**

Оценка соискателю за письменную работу выставляется в соответствии со следующими критериями:

#### **Отлично (5 баллов)**

Соискатель обнаружил всестороннее, систематическое и глубокое знание материала, умение свободно выполнять задания, усвоил основную литературу и знаком с дополнительной литературой, рекомендованной данной программой, усвоил взаимосвязь основных понятий физики в их значении для приобретаемой профессии, проявил

творческие способности в понимании, изложении и использовании учебно-программного материала.

#### **Хорошо (4 балла)**

Соискатель обнаружил полное знание вопросов физики, успешно выполнил предусмотренные тестовые задания, показал систематический характер знаний по физике и способен к их самостоятельному пополнению и обновлению в ходе дальнейшей учебной работы и профессиональной деятельности.

#### **Удовлетворительно (3 балла)**

Соискатель обнаружил знание основ физики в объеме, необходимом для дальнейшей учебы и предстоящей работы по профессии, справился с выполнением тестовых заданий, знаком с основной литературой, рекомендованной данной программой, допустил погрешности в ответе на экзамене и при выполнении экзаменационных заданий, но обладает необходимыми знаниями для их устранения под руководством преподавателя.

#### **Неудовлетворительно (2 и менее баллов)**

Соискатель обнаружил значительные пробелы в знаниях основ физики, допустил принципиальные ошибки в выполнении тестовых заданий и не способен продолжить обучение по физике.

### **Вопросы программы кандидатского экзамена по научной специальности 1.3.21 Медицинская физика.**

#### **1. Теоретическая биофизика.**

Предмет и задачи биофизики. Математическое моделирование, как метод биофизики. Принципы построения математических моделей биологических систем. Общая характеристика реакций в биологических системах. Описание динамики биологических процессов на языке химической кинетики. Вероятностные модели в биофизике. Стационарные состояния биологических систем. Устойчивость стационарных состояний. Фармакокинетическая модель. Модель сердечно-сосудистой системы. Динамические свойства биологических процессов. Обратная связь, принцип и виды. Качественный анализ моделей. Стационарные точки. Устойчивость стационарной точки. Критерий устойчивости. Типы динамического поведения биологических систем. Метод фазовой плоскости. Типы устойчивости особых точек. Биологические триггеры. Колебательные процессы в биологии. Предельные циклы. Иерархия времен в биологических системах. Процессы самоорганизации в распределенных биологических системах. История развития мировой и отечественной биофизики.

#### **2. Молекулярная биофизика.**

Пространственная организация биополимеров. Взаимодействия Ван-дер-Ваальса. Водородная связь. Заряд-дипольные взаимодействия. Внутреннее вращение и поворотная изомерия. Конформационная энергия и пространственная организация биополимеров. Методы молекулярной динамики. Факторы стабилизации макромолекул, надмолекулярных структур и биомембран. Взаимодействие макромолекул с растворителем. Состояние воды и гидрофобные взаимодействия в биоструктурах. Переходы спираль-клубок. Особенности пространственной организации белков. Модели фибриллярных и глобулярных белков. Особенности пространственной организации и физико-химические свойства ДНК и хроматина. Механизм реакции полимеризации ДНК и его катализ. Репликация и репарация. Особенности пространственной организации и физико-химические свойства РНК. Механизм синтеза белка. Строение белок-синтезирующего аппарата. Динамические свойства глобулярных белков; конформационная подвижность. Электронные переходы в биополимерах. Механизмы переноса электрона и миграции энергии в биоструктурах. Кинетика ферментативных процессов. Простейшие ферментативные реакции. Термодинамика живых систем. Термодинамика систем вблизи равновесия (линейная термодинамика). Первое и второе начала термодинамики. Второе начало термодинамики в

открытых системах. Соотношения между значениями движущих сил и скоростей процессов. Преобразование энергии в живой клетке. Свободная энергия и электрохимический потенциал. Энергосопрягающие системы клетки. Особенности организмов как термодинамических систем. Термодинамика стационарного состояния, пути преобразования энергии в живой клетке. Термодинамические критерии достижения и устойчивости стационарных состояний. Термодинамика систем вдали от равновесия (нелинейная термодинамика). Общие критерии устойчивости стационарных состояний. Термодинамика нелинейных кинетических систем. Энтропия, информация и биологическая упорядоченность. Квантовая биофизика. Электронные переходы в биологически важных молекулах. Люминесценция биосистем. Свободные радикалы, методы изучения свободных радикалов. Первичные стадии фотобиологических процессов. Продукты первичных фотобиологических процессов. Фотосенсибилизированные фотобиологические процессы.

### **3. Биомембраны.**

Мембрана как универсальный компонент биологических систем. Развитие представлений о структурной организации мембран. Характеристика мембранных липидов. Динамика структурных элементов мембраны. Флип-флоп переходы. Латеральная диффузия липидов и белков. Измерение подвижности липидных молекул в мембранах. Фазовые переходы в мембранных системах. Монослой на границе раздела фаз. Бислойные липидные мембраны. Липосомы.

### **4. Явления переноса веществ.**

Пассивный и активный транспорт веществ через мембранные структуры клетки. Пассивный перенос веществ через мембраны, виды пассивного транспорта. Диффузия незаряженных молекул. Электродиффузия ионов. Пассивный транспорт веществ через поры. Избирательная проницаемость биомембран. Кинетика активного транспорта. Сопряжённый транспорт ионов. Транспорт веществ через эпителий тканей и органов. Роль переносчиков в транспорте сахаров и аминокислот в кишечнике. Кинетика переноса веществ с помощью переносчиков. Сопряжение транспорта сахаров и аминокислот с транспортом ионов натрия. Трансэпителиальный перенос воды.

### **5. Биоэлектрические явления.**

Доннановское равновесие и потенциал Доннана. Равновесный потенциал. Стационарный потенциал Гольдмана-Ходжкина. Потенциал при работе электрогенной помпы. Потенциал действия. Ионные токи через мембрану. Математическое описание кинетики ионных токов, селективность ионных каналов. Распространение потенциала действия по нервному волокну. Внешние электрические поля тканей и органов. Потенциал электрического поля токового монополя. Потенциал электрического поля, создаваемого конечным токовым диполем. Дипольный эквивалентный электрический генератор сердца. Теория отведений Эйнтховена, генез электрокардиограмм. Электроэнцефалография. Электрические свойства тканей организма. Электропроводность тканей организма для постоянного тока. Закон Ома для электролитов, подвижность ионов. Природа емкостных свойств тканей организма. Импеданс тканей, эквивалентные схемы. Оценка жизнеспособности и патологических изменений тканей и органов по частотной зависимости импеданса и углу сдвига фаз между током и напряжением. Диэлектрическая проницаемость биологических тканей. Дисперсия электрических свойств тканей организма. Методы электродиагностики и электротерапии.

### **6. Биофизика систем органов.**

Биофизика системы кровообращения. Реологические свойства крови. Основные законы гемодинамики. Биофизические функции элементов сердечно-сосудистой системы. Кинетика кровотока в эластичных сосудах. Пульсовая волна. Динамика движения крови в капиллярах. Фильтрационно-абсорбционные процессы. Особенности кровотока при локальном сужении сосудов. Биофизика мышечного сокращения. Структура поперечно-полосатой мышцы. Модель скользящих нитей. Биомеханика мышцы. Уравнение Хилла. Мощность одиночного сокращения. Электромеханическое сопряжение в мышцах.

Биомеханика внешнего дыхания. Физические основы фоторецепции. Физические основы хеморецепции. Рецепция медиаторов и гормонов. Проблема клеточного узнавания. Зрение. Строение глаза как оптической системы. Пороги и острота чувствительности. Нервные механизмы зрительного восприятия. Цветовое зрение. Слух. Методы изучения слуха. Строение уха и механизм восприятия звука. Теория локализации и телефонная теория. Аналоги слуха и повышение остроты восприятия. Кортиковые представления. Нервные механизмы контрастирования, кодирования и анализа сенсорных сигналов. Регулирование биологических процессов. Управление функциями организма. Обратные связи в рефлекторных актах. Приложение теории автоматического регулирования к рефлекторной деятельности.

#### **7. Физические основы методов.**

Оптическая спектроскопия. Абсорбционная спектроскопия в ультрафиолетовой и видимой областях. Спектры поглощения молекул различной природы. Резонансный перенос энергии (FRET). Круговой дихроизм. Малоугловое рассеяние рентгеновских лучей и нейтронов. Рентгеноструктурный анализ и кристаллография биомолекул. Методы изучения конформационной подвижности молекулярных систем: изотопный обмен; люминесцентные методы; спиновая метка; гамма-резонансная метка; ЯМР высокого разрешения; импульсные методы ЯМР. Основные принципы ЯМР-спектроскопии. Применение спектроскопии ЯМР в структурно-динамических исследованиях биомолекул. Электронная микроскопия, криоэлектронная микроскопия и томография. Лазерная спектроскопия, исследования электронно-вращательных спектров, фотохимические методы исследования. Применение спектроскопии ЭПР при исследовании биологических объектов. ЭПР-спектроскопия в исследовании биологических мембран. Масс-спектрометрия. Методы ионизации биологических макромолекул. Лазерная десорбция-ионизация из матрицы (MALDI). Ультразвук. Применение ультразвука в биомедицине. Позитронно-эмиссионная томография. Действие ионизирующих и неионизирующих излучений на биологические объекты и системы. Механизмы поглощения рентгеновских и гамма-излучений, нейтронов, заряженных частиц биологическими объектами. Экспозиционные и поглощенные дозы излучений.

### **Учебно-методическое обеспечение и информационное обеспечение программы кандидатского экзамена в аспирантуру по научной специальности 1.3.21 Медицинская физика.**

#### **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: 23.01.2023). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
2. Спиринов, А. С. Молекулярная биология. Рибосомы и биосинтез белка: учебное пособие / А. С. Спиринов. — Москва: Лаборатория знаний, 2019. — 594 с. — ISBN 978-5-00101-623-6. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/110208> (дата обращения: 23.01.2023). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
3. Кудряшов, Ю. Б. Радиационная биофизика: радиочастотные и микроволновые электромагнитные излучения: учебник / Ю. Б. Кудряшов, Ю. Ф. Перов, А. Б. Рубин. — Москва: ФИЗМАТЛИТ, 2008. — 184 с. — ISBN 978-5-9221-0848-5. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/2221> (дата обращения: 23.01.2023). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

4. Радиобиология : учебник / Н. П. Лысенко, В. В. Пак, Л. В. Рогожина, З. Г. Кусурова ; под редакцией Н. П. Лысенко, В. В. Пака. — 5-е изд., стер. — Санкт-Петербург: Лань, 2022. — 572 с. — ISBN 978-5-8114-4523-3. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/206792> (дата обращения: 23.01.2023). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
5. Принципы и методы биохимии и молекулярной биологии: учебное пособие / под редакцией К. Уилсон, Дж. Уолкер; перевод с английского Т. П. Мосоловой, Е. Ю. Бозелек-Решетняк. — 3-е изд. — Москва : Лаборатория знаний, 2020. — 855 с. — ISBN 978-5-00101-786-8. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/151579> (дата обращения: 23.01.2023). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

### **Дополнительная литература.**

1. Плутахин, Г. А. Биофизика: учебное пособие / Г. А. Плутахин, А. Г. Коцаев. — 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: 23.01.2023). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
2. Степанов, В. М. Молекулярная биология, структура и функция белков: учебник / В. М. Степанов. — 3-е изд. — Москва : МГУ имени М.В. Ломоносова, 2005. — 336 с. — ISBN 5-211-04971-3. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/10123> (дата обращения: 23.01.2023). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
3. Рубин, А. Б. Биофизика: учебник: в 2 томах / А. Б. Рубин. — Москва: МГУ имени М.В. Ломоносова, [б. г.]. — Том 1: Теоретическая биофизика. — 2004. — 448 с. — ISBN 5-211-06109-8. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/10122> (дата обращения: 23.01.2023). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
4. Жорина Л.В. и др. Основы взаимодействия физических полей с биообъектами. Использование излучений в биологии и медицине: учебник - Москва: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2014 - 374 с. - URL: <https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN5703839379.html>
5. Климанов, В. А. Физика ядерной медицины: учебное пособие / В. А. Климанов. — Москва: НИЯУ МИФИ, [б. г.]. — Часть 1: Физический фундамент ядерной медицины, устройство и основные характеристики гамма-камер и коллиматоров гамма-излучения, однофотонная эмиссионная томография, реконструкция распределений активности радионуклидов в организме человека — 2012. — 308 с. — ISBN 978-5-7262-1757-4. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/75874> (дата обращения: 24.01.2023). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

### **Информационное обеспечение.**

Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения подготовки к кандидатскому экзамену по научной специальности

#### 1.3.21 Медицинская физика

<http://www.library.biophys.msu.ru/rubin/>

<http://mathbio.professorjournal.ru/>

[http://www.biophys.msu.ru/general\\_courses/laboratory\\_classes/](http://www.biophys.msu.ru/general_courses/laboratory_classes/)

<http://erg.biophys.msu.ru/wordpress/study>

[http://www.biophys.msu.ru/rus/general\\_courses/mmb](http://www.biophys.msu.ru/rus/general_courses/mmb)

<http://openedu.ru/course/msu/BIOPHY/>