

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«ДОНЕЦКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»**



**УТВЕРЖДАЮ**

**Проректор ДонГУ**

**В.И. Сторожев**

«28»

2023г.

**ПРОГРАММА**

**кандидатского экзамена  
по специальности 1.5.2 – Биофизика**

Донецк – 2023



**ПРОГРАММА КАНДИДАТСКОГО ЭКЗАМЕНА**  
по направлению подготовки 06.06.01 Биологические науки  
по специальности 1.5.2. Биофизика

**Введение**

Программа кандидатского экзамена по специальной дисциплине по научной специальности 1.5.2. Биофизика разработана с целью аттестации научных и научно-педагогических кадров высшей квалификации в соответствии с Номенклатурой научных специальностей, по которым присуждаются ученые степени, утвержденной приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 24 февраля 2021 г. N 118 и определения уровня знаний, полученных аспирантом в процессе изучения специальных дисциплин, его готовности к осуществлению научно-исследовательской деятельности.

Программа разработана на основании паспорта научной специальности 1.5.2. Биофизика.

*Форма проведения кандидатского экзамена: устная (экзамен).*

Комиссия по приему кандидатского экзамена по специальной дисциплине правомочна принимать кандидатский экзамен по специальной дисциплине, если в ее заседании участвуют не менее 3 специалистов, имеющих ученую степень кандидата или доктора наук по научной специальности, соответствующей специальной дисциплине. Решение, принятое комиссией, оформляется протоколом по установленной Университетом форме.

Университет вправе применять дистанционные образовательные технологии при проведении кандидатского экзамена. Особенности проведения кандидатских экзаменов с применением дистанционных образовательных технологий определяются локальным нормативным актом Университета. При проведении кандидатского экзамена с применением дистанционных образовательных технологий Университет обеспечивает идентификацию личности аспирантов/прикрепленных лиц и контроль соблюдения требований, установленных локальным нормативным актом.

**Структура и содержание кандидатского экзамена**

Экзаменационный билет содержит 3 вопроса по специальности «Биофизика». Вопросы составлены таким образом, чтобы охватить все основные направления современной биофизики и смежных наук, в которых аспирант должен свободно ориентироваться.

Продолжительность устного ответа на экзамене – 20 минут, время на подготовку к ответу на экзаменационный билет – до 30 минут.

Результаты оцениваются по 5-балльной шкале. При ответе на вопросы аспирант должен продемонстрировать высокий уровень подготовки и глубокие знания по предмету.



### *Требования к уровню подготовки аспиранта*

При сдаче кандидатского экзамена по специальной дисциплине аспирант должен:

*знать:*

- теоретические основы биофизики;
- структурные и функциональные особенности биологических систем с точки зрения биофизики;
- современные способы использования информационно-коммуникационных технологий в сфере биофизики и смежных наук;
- экспериментальные и расчетно-теоретические методы исследования.

*уметь:*

- применять полученные знания в области биофизики и смежных наук для решения конкретных научно-практических, производственных, педагогических, информационно-поисковых, методических и других задач;
- планировать, организовывать и вести научно-исследовательскую, учебно-воспитательную и просветительскую работу;
- анализировать структурные и функциональные особенности биологических систем;
- моделировать и прогнозировать результаты научно-экспериментальной работы, находить способы представления и продвижения результатов интеллектуальной деятельности;
- курировать выполнение квалификационных работ бакалавров и магистров;
- представлять научные результаты по теме диссертационной работы в виде публикаций в рецензируемых научных изданиях;
- готовить заявки на получение научных грантов и заключения контрактов по научно-исследовательской работе в области биофизики.

*владеть:*

- навыками поиска (в том числе с использованием информационных систем и баз данных) и критического анализа информации по биофизике и смежным наукам;
- навыками планирования научного исследования, анализа получаемых результатов и формулировки выводов;
- методами планирования, подготовки, проведения научно-исследовательской работы, анализа полученных данных, формулировки выводов и рекомендаций по биофизике;
- навыками составления и подачи конкурсных заявок на выполнение научно-исследовательских и проектных работ по биофизике.

*Программа кандидатского экзамена по специальности*  
*1.5.2. Биофизика состоит из следующих разделов:* введение, молекулярная биофизика, биофизика клетки, радиационная биофизика, влияние излучений



на биосистемы, теоретическая биофизика и методы биофизических исследований.

### *Раздел 1. Введение*

Предмет и основные задачи биофизики. Взаимосвязь физических и биологических процессов в живых организмах. История развития и современные направления развития биофизики. Использование результатов биофизических исследований на практике.

### *Раздел 2. Молекулярная биофизика*

*2.1. Объекты исследования в молекулярной биофизике. Особенности химического состава живой материи. Основные типы биомолекул*

#### *2.2. Вода и водные растворы*

Аномальные физические свойства воды. Структурные модели воды. Водные растворы электролитов. Гидратация ионов. Биологическая роль ионов.

#### *2.3. Физические свойства макромолекул*

Межмолекулярные взаимодействия. Силы, стабилизирующие строение биологических макромолекул. Кулоновское взаимодействие. Силы Ван-дер-Ваальса. Водородная связь и ее основные свойства. Гидрофобные взаимодействия. Метод атом-атомных потенциалов. Методы изучения межмолекулярных взаимодействий. Эмпирические потенциалы межчастичного взаимодействия. Основные свойства макромолекул: молекулярная масса, цепочечное строение, гибкость. Внутреннее вращение и поворотная изомерия. Конформации макромолекул: гауссовы клубки, персистентные цепи, спиральные конфигурации; связь между параметрами реальных и модельных цепей. Конформационные превращения: конформационная статистическая сумма; теории кооперативных переходов, ширина температурного интервала переходов; влияние ионизации макромолекул., набухание макромолекулы; макроионы, уравнение состояния в случае ионизации макромолекул.

#### *2.4. Физика белков*

Химическая (первичная) структура белковой молекулы. Аминокислоты и их свойства. Проблемы физики белка. Основные типы вторичной структуры полипептидов и белков. Стабилизация вторичной структуры белка, роль водного окружения. Переходы спираль-клубок в полипептидах и глобула-клубок в белках. Проблема связи первичной структуры белка с его пространственной структурой. "Самосборка" белков.

#### *2.5. Физика нуклеиновых кислот*

Химическая структура нуклеиновых кислот. Компоненты нуклеиновых кислот. Свойства оснований нуклеиновых кислот. Основные типы спиральной структуры ДНК, роль взаимодействия с водой и ионами. Переход спираль-клубок в полонуклеотидах и ДНК. Эксперимент и теория. Кинетика расплетания ДНК. Взаимодействие ДНК с белками, белково-нуклеиновое узнавание.



### *Раздел 3. Биофизика клетки*

#### *3.1. Физика мембран*

Мембранная ультраструктура клетки. Химический состав биомембран. Модели структурной организации биомембран. Физико-химические свойства липидов. Структура и конформации мембранных белков. Взаимодействие белков с лигандами. Гликопротеиды и гликолипиды. Роль воды в организации структуры биологических мембран. Белок-липидные взаимодействия. Вращательная и латеральная диффузия мембранных компонентов. Флип-флоп переходы. Природа мембранных потенциалов. Поверхностная активность мембран. Упругие свойства. Теория локальных дефектов (пор.). Электрический пробой и среднее время жизни биомембран.

#### *3.2. Мембранный транспорт*

Проницаемость мембран и методы ее исследования. Диффузия воды и растворенных веществ. Свободная диффузия нейтральных молекул и ионов. Облегченная диффузия. Модели транспорта с переносчиком. Активный транспорт.

#### *3.3. Мембранный потенциал*

Природа мембранного потенциала. Уравнение Нернста. Микроэлектродная техника для измерения мембранного потенциала. Мембранный потенциал в случае ионного равновесия. Уравнение Гиббса-Доннана. Электродиффузионное уравнение Нернста-Планка. Теория постоянного поля. Уравнение Гольдмана для пассивного потока ионов. Вольт-амперные характеристики мембраны. Уравнение стационарного потенциала Гольдмана-Ходжкина-Катца. Уравнение Томаса. Соотношение Уссинга.

#### *3.4. Физические аспекты нервной проводимости*

Природа животного электричества. Аксон и нервный импульс. Потенциал действия. Электровозбудимые мембраны. Физико-химические модели возбуждения. Молекулярные механизмы ионной проницаемости. Ионные токи и распространение электрических импульсов. Математическая модель Ходжкина-Хаксли.

#### *3.5. Межклеточные взаимодействия и рецепция*

Виды межклеточных взаимодействий. Мембранные рецепторы. Активные центры рецепторов. Кинетические теории взаимодействия вещества с мембранными рецепторами. Молекулярная рецепция. Синаптическая передача. Сопряжение возбуждения с ответной реакцией. Регуляция мембранных и клеточных функций.

#### *3.6. Механохимические процессы*

Структурная организация мышечного волокна (данные электронной микроскопии и рентгеноструктурного анализа). Сократительные белки. Структурная организация тонкой и толстой протофибрилл. Механика мышечного сокращения. Изометрический и изотонический режимы сокращения. Соотношение напряжение-длина. Соотношение нагрузка-



скорость. Уравнение Хилла. Энергетика мышечного сокращения. Молекулярные основы регуляции мышечного сокращения. Тропомиозин и тропонин. Модель стерического блокирования. Механизм мышечного сокращения. Модель скользящих нитей. Теория поперечных мостиков. Кинетическая модель Хаксли-Дещеревского. Физические модели. Солитонная теория мышечного сокращения. Возбужденные водородные связи в молекулярном механизме мышечного сокращения.

### *3.7. Основные понятия биоэнергетики*

Энергетика окислительно-восстановительных реакций. Структура и свойства митохондрий. Мембранное окислительное фосфорилирование в митохондриях. Хемиосмотическая гипотеза Митчелла. Концепция электронно-конформационных взаимодействий.

## *Раздел 4. Радиационная биофизика*

### *4.1. Взаимодействие радиации с веществом*

Виды ионизирующих излучений. Физический эффект при взаимодействии ионизирующей радиации с веществом. Единицы доз ионизирующих излучений и методы дозиметрии. Естественная и искусственная радиоактивность.

*4.2. Свободные радикалы, физические свойства, методы определения, свободно-радикальные реакции. Радиоллиз воды. Интермедиаты кислорода. Гидратированный электрон. Ячейка Франка-Рабиновича. Первичные процессы в облученном организме. Выходы радиационно-химических реакций, миграция энергии, образование перекисей, цепные реакции, повреждение мембран. Антиоксидантная система.*

### *4.3. Действие ионизирующей радиации на биологические объекты*

Прямое действие ионизирующей радиации на биологические объекты. Теория "мишени". Радиохимическое действие ионизирующей радиации на биомолекулы (белки, нуклеиновые кислоты, углеводы, липиды). Действие ионизирующей радиации на организм.

## *Раздел 5. Влияние излучений на биосистемы*

### *5.1. Влияние электромагнитных полей на биообъекты*

Влияние постоянных и переменных электрических и магнитных полей на биологические объекты разного уровня организации. Механизмы действия переменных электрических и магнитных полей и их экспериментальное моделирование. Магниторецепция у животных. Биоминерализация железа. Действие сантиметровых и миллиметровых волн на биообъекты. Физические механизмы влияния электромагнитного поля на биосистемы на биомолекулярном уровне.

### *5.2. Фотобиологические процессы*

Свет и живое вещество. Фотосинтез - энергетическая основа жизни. Две фотохимические системы. Механизм фотосинтеза. Зрение. Молекулярный механизм рецепции света. Бактериородопсин.

## *6. Теоретическая биофизика (биофизика сложных систем)*

### *Раздел 6.1. Основы биокинетики*



Химические и физические аспекты действия ферментов. Модель электронно-конформационных взаимодействий. Кооперативные свойства ферментов. Явление аллостеризма. Методы построения кинетических моделей. Особенности биологической кинетики. Методы редукции кинетических уравнений. Уравнение Михаэлиса-Ментен. Графический метод Лайнуивера-Берка для определения кинетических параметров ферментативных реакций. Конкурентное и неконкурентное ингибирования ферментативных реакций.

#### *6.2. Динамические модели биологических систем*

Качественный анализ моделей динамических систем. Фазовое пространство, особые точки и исследование устойчивости системы. Поведение системы вдали от равновесия. Предельные циклы и аттракторы. Структурный портрет системы. Модели роста популяции. Математические модели в микробиологии. Биологическая инерционность. Модель Вольтерра-Лотки. Биологические триггеры. Переключение триггерной системы. Генетический триггер. Модель Жакобо и Моно. Моделирование мембранных процессов. Анализ модели Ходжкина-Хаксли.

#### *6.3. Автоволновые процессы в биологических объектах*

Классификация автоволновых процессов. Модель Тьюринга. Базовые модели возбудимой среды. Распространение возбуждений в активных средах. Модели автоволновых процессов типа бегущего импульса и бегущей волны. Модели Фишера и Колмогорова. Автомодельные переменные. Квазистохастические волны. Автоволновые режимы типа ведущих центров и условия их возникновения. Пейсмекеры и режимы “эха”. Ревербераторы. Реакция Белоусова-Жаботинского и их модели. Основные положения теории бифуркации и катастроф. Роль бифуркаций в биологических процессах. Простейшие виды катастроф и соответствующие модели. Диссипативные структуры (ДС). Самоорганизация материи. Базовые модели ДС. Биологические системы как диссипативные структуры.

#### *6.4. Основы биологической термодинамики*

Основы функционирования термодинамически открытых биологических систем. Расчет стандартных значений энергии биохимических реакций. Второй закон термодинамики необратимых процессов. Основной постулат термодинамически необратимых процессов. Производство энтропии и сродство химической реакции. Характеристические функции и их применение. Обобщение понятия энтропии для открытых систем, далеких от равновесия. Уравнение баланса энтропии для обобщенных потоков и сил. Линейные феноменологические уравнения. Принципы симметрии Кюри и Кюри-Пригожина. Феноменологические коэффициенты и соотношения Онзагера. Термодинамическое сопряжение. Диссипация энергии в скалярных и векторных необратимых процессах. Термодинамика управляемых метаболических процессов. Биологическая эволюция; модель Эйгена. Термодинамические критерии эволюции.



### *6.5. Стационарные состояния в неравновесных системах*

Теорема Пригожина о минимуме производства энтропии. Сопряжение в стационарном состоянии. Различные виды устойчивости. Теорема Ляпунова. Равновесные состояния. Термодинамическая устойчивость. Изменение энтропии вблизи равновесного состояния. Критерии устойчивости и эволюции линейных неравновесных систем. Постулаты нелинейной термодинамики. Связь между кинетикой и термодинамикой. Устойчивость стационарных состояний, далеких от равновесия. Избыточное производство энтропии. Общие закономерности эволюции неравновесных систем. Возникновение диссипативных структур. Изменение характера устойчивости при развитии системы. Роль флуктуаций в эволюции неравновесных процессов.

### *Раздел 7. Методы биофизических исследований*

#### *7.1. Методы определения размеров и формы биомолекул*

Определение молекулярной массы макромолекул методом осмометрии. Зависимость характеристической вязкости от молекулярной массы и формы биополимеров. Метод скорости седиментации.

#### *7.2. Оптические методы исследования биологических молекул*

Коэффициенты диффузии биополимеров, зависимость от молекулярной массы и формы биополимеров. Определение формы, размеров и поляризуемости биомолекул методом двойного лучепреломления. Определение молекулярной массы по данным светорассеяния малыми частицами. Определение коэффициента диффузии по спектральной интенсивности рассеяния.

#### *7.3. Дифракционные методы исследования структуры биополимеров в кристалле*

Рассеяние рентгеновых лучей атомами, молекулами, кристаллической решеткой. Закон Брегга-Вульфа. Структурный фактор отражения. Атомный форм-фактор. Особенности кристаллографии глобулярных белков. Этапы исследования структуры. Дифракция рентгеновских лучей на фибриллярных структурах. Рассеяние света большими частицами. Малоугловое рассеяние рентгеновых лучей.

#### *7.4. Спектроскопия биообъектов*

Ультрафиолетовая абсорбционная спектроскопия. Особенности УФ-спектров белков и нуклеиновых кислот. Колебательные спектры биомолекул. Инфракрасная спектроскопия биополимеров. Спектроскопия комбинационного рассеяния. Типы взаимодействия поляризованного света с веществом. Метод дисперсии оптического вращения. Физические основы ядерного магнитного резонанса. Применение методы ЯМР в биологии. Метод электронного парамагнитного резонанса в биофизике. Эффект Мессбауэра.

#### *7.5. Калориметрические методы исследования биологических систем*

Адиабатическая калориметрия. Дифференциальная сканирующая калориметрия.



## РЕКОМЕНДОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

№ п/п	Наименование	Кол-во экземпляров в библиотеке ДонГУ	Наличие электронной версии в ЭБС
<b>Основная литература</b>			
1.	Рубин, А. Б. Биофизика : В 2 т. : Учеб. для студентов биол. спец. вузов. Т. 1 : Теоретическая биофизика / А. Б. Рубин. - 2-е изд. - М. : Кн. дом "Ун-т", 1999. - 448 с.	81	-
2.	Рубин, А. Б. Биофизика : В 2 т. : Учеб. для студентов биол. спец. вузов. Т. 2 : Биофизика клеточных процессов / А. Б. Рубин. - 2-е изд. - М. : Кн. дом "Ун-т", 2000. - 468 с.	82	-
3.	Рубин, А. Б. Биофизика : учебник для студентов высших учебных заведений, обучающихся по направлению 020400 (020200) "Биология" и специальности 020207 "Биофизика" / А. Б. Рубин. - Москва : Институт компьютерных исследований ; Ижевск, 2013.		+
4.	Рубин, А. Б. Биофизика : учебник для студентов высших учебных заведений по специальности "Биофизика" / А. Б. Рубин ; МГУ им. М. В. Ломоносова. - 3-е изд. - Москва : Изд-во Моск. ун-та : Наука, 2004.		+
5.	Беспалова, С. В. Математические модели биологических процессов : Учеб.-метод. пособие для студентов биофиз. спец. ун-та / С. В. Беспалова, А. А. Гусев ; Донец. гос. ун-т. - Донецк : ДонГУ, 2000. - 150 с.	13	-
6.	Беспалова, С. В. Биофизика макромолекул [Электронный ресурс] : учебное пособие / С. В. Беспалова, В. О. Корниенко ; ГОУ ВПО "Донецкий национальный университет". - Донецк : ДонНУ, 2017. - Электронные текстовые данные (1 файл).	-	+
7.	Биофизика первичных фотосинтетических процессов [Электронный ресурс] : учебное пособие / ГОУ ВПО "Донецкий национальный университет" ; сост.: С. В. Беспалова [и др.]. - Донецк : ДонНУ, 2017. - Электронные текстовые данные (1 файл).	-	+
8.	Беспалова, С. В. Биофизика мембранных процессов. Транспорт веществ через	-	+



	биологическую мембрану [Электронный ресурс] : учебно-методическое пособие / С. В. Беспалова, В. О. Корниенко ; ГОУ ВПО "Донецкий национальный университет". - Донецк : ДонНУ, 2017. - Электронные текстовые данные (1 файл).		
9.	Беспалова, С. В. Электрические явления в биомембранах : учебное пособие / С. В. Беспалова, В. О. Корниенко ; ГОУ ВПО Донецкий национальный университет, Биологический факультет, Кафедра биофизики. - 2-е изд. - Донецк : [ДонНУ], 2019. - 87 с.	-	+
<b>Дополнительная литература</b>			
1.	Биофизика сенсорных систем [Электронный ресурс] : конспект лекций / сост. О. С. Горецкий ; ГОУ ВПО "Донецкий национальный университет", Биологический факультет, Кафедра биофизики. - Донецк : ДонНУ, 2017. - Электронные данные (1 файл).	-	+
2.	Вольтерра, В. Математическая теория борьбы за существование / В. Вольтерра ; Пер. с фр. О. Н. Бондаренко ; Под ред. Ю. М. Свирижева. - М. : Ин-т компьютер. исслед. ; Ижевск, 2004. - 288 с.	1	-
3.	Общая химия ; Биофизическая химия ; Химия биогенных элементов : Учеб. для студентов вузов, обучающ. по мед., биол., агроном., ветеринар., экол. специальностям / Ю. А. Ершов, В. А. Попков, А. С. Бердянд, А. З. Книжник ; Под ред. Ю. А. Ершова. - 3-е изд. - М. : Высш. шк., 2002. - 560 с.	8	-
4.	Финкельштейн, А. В. Физика белка : Курс лекций / Финкельштейн А. В., Птицын О. Б. ; Ин-т белка РАН. - 3-е изд. - М. : Университет, 2005. - 455,[1] с.	1	-
5.	Блюменфельд, Лев А. Решаемые и нерешаемые проблемы биологической физики / Л. А. Блюменфельд. - М. : УРСС, 2002. - 157, [1] с.	1	-
6.	Методы изучения физических процессов, лежащих в основе биологических явлений [Электронный ресурс] : учебно-методическое пособие / ГОУ ВПО "Донецкий национальный	-	+



	университет" ; сост.: С. В. Беспалова [и др.]. - Донецк : ДонНУ, 2017.		
7.	Бондина, Н. Н. Физические поля в биологических объектах : Учеб. пособие / Н. Н. Бондина, И. П. Хавина. - Харьков : ХПИ, 2001. - 186 с.	1	-
8.	Кудряшов Ю.Б. Радиационная биофизика [Текст]: сверхнизкочастотные электромагнитные излучения: учебник для студентов вузов, обучающихся по специальности 012200 Биофизика / Ю. Б. Кудряшов, А. Б. Рубин; Московский гос. ун-т им. М. В. Ломоносова. - Москва: ФИЗМАТЛИТ. – 2014. – 215 с.	1	-

Программа разработана на основании паспорта научной специальности 1.5.2. Биофизика и соответствует позициям паспорта: 1-14.

Программа одобрена на заседании Ученого совета биологического факультета, протокол от «21» апреля 2023г. № 8.

Декан  
биологического факультета  
доктор биологических наук, профессор

О.С.Горецкий