

(подпись)

2026

Настоящая программа составлена в соответствии с Федеральными государственными требованиями к структуре программ подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре, условиями их реализации, сроком освоения этих программ, образовательных технологий, Порядком приема на обучение по образовательным программам высшего образования – программам подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре и паспорта научной специальности 1.5.2 Биофизика

Программа разработана: профессором кафедры биохимии, клеточной биологии и микробиологии, д.б.н., профессором Белослудцевым Константином Николаевичем

(должность, Ф.И.О., ученая степень, звание автора(ов) программы)

Рассмотрена и одобрена на заседании кафедры
биохимии, клеточной биологии и микробиологии

(название кафедры)

протокол заседания № 6 от «19» января 2026 г.

 Визиткина Е.А.
(подпись, Ф.И.О. зав. кафедрой)

Содержание программы

1. Структура и физико-химические свойства биомакромолекул и надмолекулярных структур. Макромолекула как основа организации биоструктур. Пространственная конфигурация биополимеров. Статистический характер конформации биополимеров. Химический состав аминокислот. Кислотно-основные свойства, гидрофобность и гидрофильность.
2. Первичная, вторичная, третичная и четвертичная структура белков. Глобулярные и фибриллярные белки. Денатурация белков. Конформационные переходы, Локализация ферментов в органеллах, клетках и организмах.
3. Физико-химические свойства фосфолипидов. Строение мембран. Вращательная и трансляционная подвижность фосфолипидов, флип-флоп переходы. Фазовые переходы. Мембранно-связанные ферменты, регуляция их активности.
4. Нуклеиновые кислоты. Структура ДНК. Двойная спираль. Термодинамика и кинетика расплетания и плавления двойной спирали. Суперспирализация.
5. Кинетика биологических процессов. Основные особенности кинетики биологических процессов. Скорость реакции. Закон действующих масс. Константа скорости. Порядок и молекулярность реакции. Катализ. Ферменты-белковые катализаторы. Активный центр фермента, кофакторы.
6. Металлоферменты. Активные центры металлоферментов - изолированные ионы, кластеры, гем, хлорофилл. Механизм ферментативного катализа. Существующие объяснения активности и специфичности ферментов - гипотезы "ключ-замок", "рука-перчатка", "дыба", аллостерический эффект, конформационная релаксация.
7. Термодинамика биологических процессов. Классификация термодинамических систем. Уравнение Михаэлиса-Ментен. Влияние модификаторов на кинетику ферментативных реакций. Влияние температуры на скорость реакций в биологических системах. Взаимосвязь кинетических и термодинамических параметров. Роль конформационных свойств биополимеров.
8. Первый и второй законы термодинамики в биологии. Теплоемкость и сжимаемость белковых глобул. Изменение энтропии в открытых системах.
9. Постулат Пригожина. Термодинамические условия осуществления стационарного состояния. Термодинамическое сопряжение реакций и тепловые эффекты в биологических системах. Связь энтропии и информации в биологических системах.
10. Структура и функционирование биологических мембран. Мембрана как универсальный компонент биологических систем. Развитие представлений о структурной организации мембран. Характеристика мембранных белков. Характеристика мембранных липидов. Динамика структурных элементов мембраны.
11. Белок-липидные взаимодействия. Вода как составной элемент биомембран. Модельные мембранные системы. Монослой на границе раздела фаз. Бислойные мембраны. Протеолипосомы.
12. Физико-химические механизмы стабилизации мембран. Особенности фазовых переходов в мембранных системах. Вращательная и трансляционная подвижность фосфолипидов, флип-флоп переходы. Подвижность мембранных белков. Влияние внешних (экологических) факторов на структурно-функциональные характеристики биомембран.
13. Поверхностный заряд мембранных систем; происхождение электрокинетического потенциала. Явление поляризации в мембранах. Дисперсия электропроводности, емкости, диэлектрической проницаемости. Зависимость диэлектрических потерь от частоты.
14. Особенности структуры живых клеток и тканей, лежащие в основе их электрических свойств. Свободные радикалы при цепных реакциях окисления липидов в мембранах и других клеточных структурах. Образование свободных радикалов в тканях в норме и при патологических процессах. Роль активных форм кислорода. Антиоксиданты, механизм их биологического действия. Естественные антиоксиданты тканей и их

биологическая роль.

15. Транспорт веществ через мембрану, Транспорт неэлектролитов. Проницаемость мембран для воды. Простая диффузия. Связь проницаемости мембран с растворимостью проникающих веществ в липидах. Облегченная диффузия. Транспорт сахаров и аминокислот через мембраны с участием переносчиков. Пиноцитоз. Проницаемость мембран для воды. Осмос. Капиллярное поднятие воды в растениях. Аквапорины.

16. Транспорт электролитов. Профили потенциала и концентрации ионов в двойном электрическом слое. Равновесие Доннана. Пассивный транспорт; движущие силы переноса ионов. Электродиффузионное уравнение Нернста-Планка.

17. Проницаемость и проводимость. Молекулярные механизмы проницаемости ионов. Электрохимический потенциал в системе, содержащей мембрану. Способы энергетического обеспечения активного транспорта. Активный транспорт ионов K^+ и Na^+ через клеточную мембрану. Строение и механизм работы K^+ , Na^+ — активируемой АТФазы. Механизм и биологическое значение активного транспорта ионов Ca^{2+} в эндоплазматическом ретикулуме и митохондриях.

18. Ионные каналы: теория одnorядного транспорта. Ионофоры: переносчики и каналообразующие агенты. Ионная селективность мембран (термодинамический и кинетический подходы). Модель параллельно функционирующих пассивных и активных путей переноса ионов.

19. Потенциал действия. Механизмы активации и инактивации каналов. Описание ионных токов в модели Ходжкина-Хаксли. Физико-химические процессы в нервных волокнах при проведении рядов импульсов (ритмическое возбуждение). Энергообеспечение процессов распространения возбуждения.

20. Обеспечение биологических систем энергией. Основные этапы и ферменты гликолиза. Механизм образования АТФ при гликолизе. Основные этапы и ферменты цикла Кребса. Синтез АТФ в цикле Кребса. Связь транспорта ионов и процесса переноса электрона в хлоропластах и митохондриях.

21. Локализация электронтранспортных цепей в мембране; структурные аспекты функционирования связанных с мембраной переносчиков; асимметрия мембраны. Основные положения теории Митчела; электрохимический градиент протонов; энергизированное состояние мембран; роль векторной H^+ -АТФазы. Сопрягающие комплексы, их локализация в мембране; функции отдельных субъединиц; конформационные перестройки в процессе образования макроэрга.

22. Протеолипосомы как модель для изучения механизма энергетического сопряжения. Бактериородопсин как молекулярный фотоэлектрический генератор. Физические аспекты и модели энергетического сопряжения.

23. Биосинтез макромолекул и регуляция. Общая схема биосинтеза белков. Генетический код. Передача генетической информации от ДНК к белок-синтезирующей системе (транскрипция). Сплайсинг. Репарация. Синтез белка в рибосомах (трансляция).

24. Генная инженерия. Плазмиды. Биотехнология. Генетика. Дискретность признаков. Мутации. фенотип и фенотип. Эволюция.

25. Биологическая подвижность. Типы и принципиальные механизмы биологического движения. Мышцы, жгутики, микротрубочки. Движение протоплазмы. Устройство и механизм работы сократительного аппарата мышц. Молекулярная структура и физико-химические свойства мышечных белков.

26. Принципы преобразования энергии в механохимических системах. Модели Хаксли, Дещеревского, Хилла. Молекулярные механизмы немышечной подвижности.

27. Рецепторы и внутриклеточная сигнализация. Гормональная рецепции. Общие закономерности взаимодействия лигандов с рецепторами; равновесное связывание гормонов. Роль структуры плазматической мембраны в процессе передачи гормонального сигнала. Рецептор-опосредованный внутриклеточный транспорт.

28. Сенсорная рецепция. Проблема сопряжения между первичным взаимодействием

внешнего стимула с рецепторным субстратом и генерацией рецепторного (генераторного) потенциала. Общие представления о структуре и функции рецепторных клеток. Место рецепторных процессов в работе сенсорных систем.

29. Фоторецепция. Строение зрительной клетки. Молекулярная организация фоторецепторной мембраны; динамика молекулы зрительного пигмента в мембране. Зрительные пигменты: классификация, строение, спектральные характеристики; фотохимические превращения родопсина.

30. Ранние и поздние рецепторные потенциалы. Механизмы генерации позднего рецепторного потенциала. Механорецепция. Механорецепторы органов чувств: органы боковой линии. кортиева орган внутреннего уха. Общие представления о работе органа слуха

31. Хеморецепция. Обоняние. Восприятие запахов: пороги, классификация запахов. Вкус. Вкусовые качества. Строение вкусовых клеток, проблема вкусовых рецепторных белков. Рецепция медиаторов и гормонов. Проблема клеточного узнавания. Механизмы взаимодействия клеточных поверхностей.

32. Действие физических факторов. Действие ионизирующей радиации. Первичные процессы поглощения ионизирующих излучений. Относительная биологическая эффективность различных видов излучений. Первичные физико-химические процессы, приводящие к инаktivации молекул. Прямое и косвенное действие. Действие излучений на клетку.

33. Электромагнитные поля, их основные характеристики. Действие электромагнитных полей на субклеточные структуры, клетки и организмы, возможные механизмы действия. Магнитное поле и его действие на организм. Возможные механизмы рецепции магнитного поля.

34. Температура и ее влияние на биологические процессы. Высокое давление и механизмы его влияния на биообъекты. Ультразвук, его характеристики. Действующие факторы ультразвукового поля. Ультразвуковая эхолокация.

35. Фотобиология: Основные фотобиологические процессы и их общая характеристика. Основные биопигменты, их структура, спектры поглощения в связи со структурой молекул.

36. Люминесценция, ее законы и роль в фото процессах. Флуоресценция и фосфоресценция. Фотохимические процессы — фотовосстановление, фотоокисление, фотоизомеризация, фоторазложение. Фотосенсибилизация.

37. Биофизические аспекты фотосинтеза — состав и структура фотосинтетической единицы. Сопряжение процессов фотовозбуждения с последующими звеньями фотосинтеза. Полимодальность хромофоров, пути миграции энергии в фотосинтетической единице, первичная стабилизация энергии возбуждения, состав и механизмы функционирования электрон-транспортной цепи, роль мембранных структур.

38. Начальные этапы взаимодействия кванта света с родопсином зрительных фоторецепторов и бактериородопсином. Молекулярные механизмы фототропизма, фотопериодизма, фототаксиса, биолуминесценции.

Критерии оценки

Вступительный экзамен проводится по билетам в соответствии с заявленной программой. Содержание экзамена в аспирантуру охватывает все минимальное содержание, установленное Федеральными государственными требованиями к структуре программ подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре, условиями их реализации, сроком освоения этих программ, образовательных технологий. Экзамен проводится по экзаменационным билетам, включающим 2 вопроса из программы вступительных испытаний и 1 – собеседование по научным публикациям поступающего (по реферату при отсутствии публикаций).

Для определения качества ответа на вступительных экзаменах при поступлении в аспирантуру учитываются следующие критерии: соответствие теме; полнота раскрытия вопроса, подкрепление теоретических положений примерами; правильность фактического материала; научный уровень; логическая последовательность изложения материала; знание терминологии; степень осознанности понимания изученного; правильное речевое оформление (научный стиль изложения, соответствие нормам современного литературного языка).

Вступительные испытания по программам подготовки научных и научно-педагогических кадров оцениваются:

80–100 баллов – отлично,

60–79 баллов – хорошо,

40–59 баллов – удовлетворительно;

Ниже 40 баллов – неудовлетворительно

Отлично	Ответ полный и развёрнутый. Просматривается понимание существа проблемы и путей её решения. Продемонстрированы умения выделять существенные признаки понятий и причинно-следственные связи явлений; умения включаться в дискуссию, аргументировать свою позицию, выражать отношение к тем или иным точкам зрения. Ответ структурирован, логичен, терминологически обоснован, умеет тесно увязывать теорию с практикой. Речь коммуникативно целесообразная.
Хорошо	Ответ в целом полный и аргументированный. Прослеживается умение выделять главное и существенное, анализировать разные точки зрения на проблему, при этом не всегда чётко аргументирована собственная позиция. Ответ выстроен логически верно, выявлены существенные признаки понятий, явлений, дана их чёткая интерпретация, сделаны обоснованные выводы. Речь коммуникативно целесообразная.
Удовлетворительно	Ответ в целом раскрывает содержание вопроса, но допущены существенные отклонения от темы, Прослеживается понимание заявленной проблемы, но при этом обнаруживается недостаточная последовательность и логичность суждений. Допущены неточности в раскрытии понятий, теорий, явлений. Прослеживается попытка анализировать информацию с разных точек зрения, но не делаются обоснованные выводы.
Неудовлетворительно	Ответ не полный, не аргументирован. Представлены разрозненные знания по существу вопроса. Допущены ошибки в определении понятий и их интерпретации. Обнаруживается фрагментарность изложения материала, нарушение логики представления понятий, явлений, теорий. Ответ требует уточнения и коррекции. Не получены ответы по основополагающим вопросам дисциплины. Речь отличается коммуникативно нецелесообразными проявлениями.

Оценка ответов на вступительном экзамене проводится экзаменационной комиссией, действующей на основании приказа,

Минимальное количество баллов не может быть изменено в ходе приема.

Максимальное количество баллов за вступительный экзамен – 100 баллов, минимальное количество – 40 баллов.

Рекомендуемая литература

а) основная литература

1. Биофизика: учебник/А.Б. Рубин. — М.: КНОРУС, 2016. — 192 с
2. Биофизика: Учебник для вузов / Артюхов В. Г. - Москва, Екатеринбург: Академический Проект, Деловая книга, 2016. - 295 с. - ISBN 978-5-8291-1081- 9.- Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/60018.html>;
3. Физика и биофизика / Козлова Е.К., Черныш А.М.; Антонов В.Ф., Козлова Е.К., Черныш А.М. - Москва: ГЭОТАР-Медиа, 2015.- Режим доступа: <http://www.tudentlibrary.ru/book/ISBN9785970435267.html>

б) дополнительная литература:

1. Журавлев А. И., Белановский А. С., Новиков В. Э., и др., Основы физики и биофизики. М.: Мир; БИНОМ. Лаборатория знаний, 2008.— 384 с.
2. Альбертс Б., Брей Д., Льюис Дж., и др. Молекулярная биология клетки. М., 2013;
3. Антонов В.Ф., и др. Биофизика: Учеб. для студ. высш. учеб. заведений, - М.: Гуманит. изд. цент ВЛАДОС, 1999. — 288 с.
4. Антонов, В. Ф. Физика и биофизика: учебник для студентов медицинских вузов / Козлова, Е.К., Черныш, А.М. - Москва: Гэотар-Медиа, 2014. - 472 с. - ISBN 978-5-9704-2788-0.
5. Биофизика возбудимой клетки - Ижевск: Регулярная и хаотическая динамика, Институт компьютерных исследований, 2016. - 208 с. - ISBN 978-5-4344-0372- 6.- Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/69341.html>
6. Биофизика. Том 1. Теоретическая биофизика: Учебник - Москва: Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, 2004. - 448 с. - ISBN 5- 211-06110-1.- Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/13075.html>
7. БИОФИЗИКА: В 2 т. Т. 1: Теоретическая биофизика; Робин А.Б. - Москва: Издательство МГУ, 2004.- Режим доступа: <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN5211061101.html>
8. Иванов И. В. Основы физики и биофизики ; Ивнов И. В. - Санкт-Петербург: Лань, 2012. - 208 с. - ISBN 978-5-8114-1350-8.- Режим доступа: http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_cid=25&pl1_id=3801
9. Нельсон Д., Кокс М. Основы биохимии Ленинджера в 3.т. М.: БИНОМ. Лаборатория знаний.
10. Радиационная биофизика (ионизирующие излучения) / Мазурик В.К., Романов М.Ф.; Кудряшов Ю.Б., Мазурик В.К., Романов М.Ф. - Москва: Физматлит, 2004.- Режим доступа: <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN5922103881.html>;
11. Радиационная биофизика. Сверхнизкочастотные излучения / Рубин А.Б.; Кудряшов Ю.Б., Рубин А.Б. - Москва: Физматлит, 2014.- Режим доступа: <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785922115650.html>
12. Ремизов, Александр Николаевич Медицинская и биологическая физика: учебник - Москва: Гэотар-Медиа, 2014. - 656 с. - ISBN 978-5-9704-2955--6.
13. Эйдельман, Евгений Давидович Физика с элементами биофизики: учебник - Москва: Гэотар-Медиа, 2013. - 512 с. - ISBN 978-5-9704-2524-4.

Электронные ресурсы

1. ЭБС «Консультант»:Лань [Электронный ресурс]: электронно-библиотечная система (ЭБС) /издательство Лань. - <http://elanbook.com/>
2. Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU ([https:// elibrary.ru/ defaultx.asp?](https://elibrary.ru/defaultx.asp?)) eLIBRARY.RU: научная электронная библиотека : сайт. -Москва, 2000 - <https://elibrary.ru> Режим доступа: для зарегистрир. пользователей. - Текст: электронный.
3. Znanium.com [Электронный ресурс]: электронно-библиотечная система
4. /Научно-издательский центр ИНФРА- М. <http://znanium.com/>

Базы данных информационно-справочные и поисковые системы медицинские поисковые системы:

1. MedExplorer, <https://med-explorer.riz/>
2. Medscape: <http://www.medscape.com/>
3. PubMed, <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/sites/entrez/>

4. Публичная библиотека науки, Медицина: портал крупнейшего международного научного журнала открытого доступа: <http://www.plosmedicine.org/home.action>

Периодическая печать

1. Биохимия
2. Бюллетень экспериментальной биологии и медицины
3. Вестник РАМН
4. Патогенез