

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. Татарский

« 26

2025 г.

Программа кандидатского экзамена по научной специальности
1.1.10 Биомеханика и биоинженерия

2025

Цель и задачи кандидатского экзамена по специальности 1.1.10 Биомеханика и биоинженерия

Цель: установить глубину профессиональных знаний соискателей ученой степени, уровень подготовленности к самостоятельной научно-исследовательской работе. Сдача кандидатских экзаменов обязательна для присуждения ученой 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.

Задачами является выявление:

- профессиональных знаний о современных биомеханических системах, структурах и функциях тканей и органов человека, животных и биологических объектов в целом;
- знаний о спектре современных методов исследований в области биомеханики и биоинженерии: экспериментальных, численных моделей, материаловедческих, а также технологий в регенеративной медицине и биоинженерии;
- навыков анализа методологических проблем, возникающих при решении исследовательских и практических задач, критического анализа и оценки современных научных достижений и результатов деятельности в области биомеханики и биоинженерии.

Основные требования:

Основным требованием допуска к сдаче кандидатского экзамена является наличие подписанного заявления и утвержденной 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 ученой степени-кандидата наук, возможен прием кандидатских экзаменов вне сроков сессии.

Порядок проведения кандидатского экзамена:

Кандидатский экзамен по специальности проводится в форме экзамена на основе билетов. В каждом экзаменационном билете 2 вопроса по основной программе и 1 вопрос по дополнительной индивидуальной программе аспиранта по теме диссертационного исследования. Подготовка к ответу составляет 1 астрономический час (60 минут) без перерыва с момента раздачи билетов.

Критерии оценивания

Оценка соискателю выставляется в соответствии со следующими критериями:

«Отлично» – соискатель дает развернутый ответ на все вопросы билета и дополнительные вопросы по программе дисциплины и теме диссертационного исследования; обнаружил полное всестороннее знание учебно-программного материала в объеме, необходимом для эффективной научной и педагогической деятельности научно-педагогических кадров высшей квалификации по специальности 1.1.10 Биомеханика и биоинженерия.

«Хорошо» – соискатель дает ответ на все вопросы билета и дополнительные вопросы по программе дисциплины и теме диссертационного исследования, но не в полном объеме и/или допускает некоторые ошибки; обнаружил знание основного учебно-программного материала.

«Удовлетворительно» – соискатель допускает ошибки в ответах на вопросы билета и дополнительные вопросы по программе дисциплины и теме диссертационного исследования; обнаружил неполное, фрагментарное знание основного учебно-программного материала.

«Неудовлетворительно» – соискатель не знает ответа на вопросы билета и дополнительные вопросы по программе дисциплины и теме диссертационного исследования; обнаружил значительные пробелы в знаниях материала, допустил принципиальные ошибки.

Вопросы программы кандидатского экзамена по научной специальности 1.1.10 Биомеханика и биоинженерия

1. Принципы и законы механики, применяемые в биомеханике человека, включая механическую характеристику тканей и структур.
2. Основные понятия биомеханики, такие как кинематика, кинетика, устойчивость движений.
3. Методы моделирования и анализа двигательных функций человека, включая создание математических моделей суставов, мышц и костей.
4. Особенности адаптации опорно-двигательного аппарата к нагрузкам и патологическим состояниям.
5. Теоретические основы интерфейса человека с техническими системами в биомедицине.
6. Современные методы регистрации и анализа движений человека, включая электромиографию и силовые платформы.
7. Технологии и устройства для измерения механических характеристик тканей и структур, такие как датчики деформации и силовые датчики.
8. Использование программных комплексов для биомеханического моделирования: среды моделирования, алгоритмы и методы вычислений.
9. Методы визуализации биомеханических данных и интерпретации измеренных параметров.
10. Проблемы калибровки и проверки точности биомеханического оборудования.
11. Механика движений конечностей. Развиваемые силы и прочность. Строение конечностей, эффективность и особенности движений.
12. Механика кровообращения. Большой и малый круг кровообращения. Структура сосудов и особенности сердечной мышцы. Реология крови и гемодинамические модели.
13. Механика дыхательной системы. Строение легких и перенос воздуха. Механизм речеобразования.
14. Соединительная ткань (коллаген, костная ткань): структура и физические свойства.
15. Механика мышечной ткани и механизм сокращения мышечных волокон, преобразование энергии.
16. Механика и упругие свойства клеточных мембран. Мембрана как двумерный континуум. Реологические свойства мембраны.
17. Механика квазидвумерных активных сред на примере колоний бактерий. Механизмы миграции и таксиса.
18. Механореология клеточных агрегатов.
19. Микрогидродинамика и особенности переноса веществ на микроскопическом уровне.
20. Движение микроорганизмов в жидкой среде при малых числах Рейнольдса: подвижность клеток и одноклеточных организмов.
21. Взаимодействие клеток в гидродинамике. Эффекты эластогидродинамики.

22. Механизмы адгезии клеток и их сенсорные свойства. Клетки в потоке жидкости. Реология эритроцитов и лимфоцитов.
23. Распределение тромбоцитов и других клеток в кровеносных сосудах: механизмы и модели, объясняющие процессы агрегации, перераспределения и перемещения клеток крови в кровотоке.
24. Гидродинамика и реология цитоплазмы: особенности переноса веществ внутри клетки, включая свойства цитоплазмы и ее динамическое поведение при движении масс и движениях органелл.
25. Механобиология митоза: физические основы процесса деления клетки, его механические аспекты и моделирование.
26. Конформации линейных полимеров и их термодинамические свойства. Энтропийная упругость полимерных цепей.
27. Модель фолдинга белка: вклад энталпии и энтропии в стабильность и конформационные свойства протеинов.
28. Взаимодействия белков: фермент-субстрат, молекулярное узнавание (ключ-замок) — с физической точки зрения.
29. Механика нуклеиновых кислот. Структура ДНК на различных уровнях (первичная, вторичная, третичная). Динамика ДНК: кручение, изгиб, внутренние колебания, их моделирование. Нелинейные модели расплетания двойной спирали, в т.ч. солитонные подходы.
30. Взаимосвязь биохимии и молекулярной биомеханики.
31. Связь физических, физико-химических, биохимических и биологических процессов в организмах. Основные положения термодинамики и кинетики живых систем.
32. Квантomeханические подходы, подходы физики конденсированного состояния вещества.
33. Взаимодействия в молекулярных системах. Ковалентные связи и мезоскопические взаимодействия. Жидкие кристаллы и поверхностные явления в клеточных структурах.
34. Диффузия и гидродинамика. Механизм диффузии в биологических системах. Гидродинамика при малых числах Рейнольдса.
35. Биоэлектрохимия и мембранны. Электрические свойства мембран, механизмы электрохимических процессов. Доннановское равновесие — взаимодействие растворов и мембран.
36. Реология тканей и жидкостей — их физическая деформация и вязкость.
37. Механические и реологические свойства полимеров и биополимеров, полиэлектролиты. Фазовые переходы.
38. Структура органов и цитоскелета. Роль органелл, цитоскелета, мембран — связь структуры с функциями клетки.
39. Нуклеиновые кислоты. Структура и функции ДНК и РНК — генетическая информация и её организация.
40. Белки. Аминокислоты, пептиды, пептидная связь. Глобулярные, фибриллярные и мембранные белки — уровни организации и структура.
41. Фолдинг и конформационная динамика. Процесс сворачивания белков, парадокс Левинталя, роль хиральности, подвижность макромолекул.
42. Липиды и мембранны. Типы липидов, их свойства, строение и функции клеточных мембран.
43. Квантово-химические методы. Расчеты и моделирование структуры и свойств белков и нуклеиновых кислот.
44. Оптические методы. Спектроскопия, флуоресценция, циркулярный поляризационный анализ.

45. Рентгеноструктурный анализ. Определение трехмерной структуры макромолекул.
46. ЯМР-спектроскопия биомолекул и методы магнитно-резонансной томографии биологических систем.
47. Электронная и атомно-силовая микроскопия, масс-спектрометрия.
48. Современные основы протеомики.
49. Молекулярные принципы генной инженерии.
50. Целенаправленный мутагенез белков.
51. Регуляция экспрессии генов.
52. Материалы и конструкции для создания имплантов, протезов и имплантатных систем.
53. Биосенсоры, системы мониторинга и диагностики, основы их устройства и функционирования.
54. Методы и технологии моделирования человеческого организма, включая вычислительное моделирование и 3D-реконструкцию.
55. Применение и развитие 3D-печати в производстве биомедицинских изделий.
56. Новые направления в биоэлектронике и носимых устройствах для медицинских целей.
57. Применение биомеханических моделей в протезировании, ортопедии и реабилитационной медицине.
58. Биомеханическая диагностика заболеваний опорно-двигательного аппарата.
59. Разработка и внедрение новых технологий и устройств для восстановления двигательных функций.
60. Социальное влияние и перспективы развития биоинженерии и биомеханики.

Учебно-методическое обеспечение и информационное обеспечение программы кандидатского экзамена по научной специальности 1.1.10 Биомеханика и биоинженерия

Основная литература

1. Альбертс Б. Основы молекулярной биологии клетки / Альбертс Б., Хопкинс К., Джонсон А.Д. и др. – Москва: Лаборатория знаний, 2023. – 800 с.
2. Бегун П.И. Биомеханика опорно-двигательного аппарата / Бегун П.И., Самсонова А.В. – Санкт-Петербург: Кинетика, 2020. – 179 с.
3. Бигдай Е.В. Биофизика для инженеров. Том 2. Биомеханика, информация и регулирование в живых системах: учебное пособие / Бигдай Е.В., Вихров С.П., Гриненная Н.В.. – Саратов : Вузовское образование, 2019. – 457 с. – ISBN 978-5-4487-0356-0.
4. Бутенин, Н.В. Курс теоретической механики: учеб. пособие для студентов вузов: в двух томах / Н.В. Бутенин, Я.Л. Лунц, Д.Р. Меркин. – 13-е изд., стер. – Санкт-Петербург: Лань, 2022. – 732с. ISBN 978-5-507-45037-4.
5. Загоскина Н.В. Биотехнология: учебник и практикум для вузов / под редакцией Н. В. Загоскиной, Л. В. Назаренко. – 4-е изд., испр. и доп. — Москва: Издательство Юрайт, 2025. – 384 с. – ISBN 978-5-534-16026-0.
6. Оленев, Е. А. Биотехнические системы и технологии: учебное пособие / Е. А. Оленев, В. А. А. Аль-Хайдри, Е. А. Лебединская; Владимирский гос. ун-т им. А. Г. и Н. Г. Столетовых. – Владимир: Изд-во ВлГУ, 2020. – 180 с. – ISBN 978-5-9984-1158-8.
7. Потехина Ю. П. Биомеханика: учебник для вузов / Потехина Ю.П. – Москва: ГЭОТАР-Медиа, 2025. – 352 с. – ISBN 978-5-9704-9336-6.
8. Присный А.А. Биофизика. Курс лекций: учебное пособие / Присный А.А. – Санкт-Петербург: Лань, 2024. – 188 с. – ISBN 978-5-507-47726-5

Дополнительная литература

1. Будкевич, Е. В. Биомедицинские нанотехнологии: учебное пособие для вузов / Е. В. Будкевич, Р. О. Будкевич. – 3-е изд., стер. – Санкт-Петербург : Лань, 2022. – 176 с. – ISBN 978-5-8114-9164-3.
2. Каменская, Е. П. Основы биотехнологии: учебное пособие / Е. П. Каменская, В. П. Вистовская. – Барнаул: АлтГТУ, 2023. – 121 с.
3. Куцев М.Г. Биоинженерия растений. Основные методы: учебное пособие / М. Г. Куцев, М. В. Скапцов, И. Е. Ямских. – Красноярск: СФУ, 2020. – 78 с. – ISBN 978-5-7638-4321-7.

Информационное обеспечение

1. Электронно-библиотечная система Znanium.com <http://www.znanium.com>
2. Электронно-библиотечная система «Консультант студента» <http://www.studmedlib.ru>
3. Электронная библиотечная система «Издательство «Лань» <http://e.lanbook.com/>
4. Электронная библиотечная система «Университетская библиотека online» <https://biblioclub.ru/>
5. Открытое образование <https://openedu.ru/>
6. Дистанционное образование КФУ <https://edu.kpfu.ru/>
7. Портал «Научная Электронная Библиотека»: <https://neb.ru>