

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. Таюрский

« 30 _____ 2023 г.



Программа вступительного испытания по специальности

Уровень высшего образования: подготовка кадров высшей квалификации

Тип образовательной программы: программа подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре

Научная специальность: 1.1.10 Биомеханика и биоинженерия

Форма обучения: очная

Общие указания

Вступительные испытания по научной специальности 1.1.10 Биомеханика и биоинженерия охватывают стандартные разделы университетских курсов по общей физике, математике и механике, биоинженерии. Также проверяются базовые умения математического аппарата. Вопросы и структура экзаменационных билетов приведены ниже.

Порядок проведения вступительных испытаний

Вступительное испытание проводится в форме экзамена на основе билетов. В каждом экзаменационном билете по 2 вопроса. Экзамен проходит в письменной форме. Подготовка к ответу составляет 1 академический час (60 минут) без перерыва с момента раздачи билетов. Задания оцениваются от 0 до 100 баллов в зависимости от полноты и правильности ответов.

Критерии оценивания

Оценка поступающему за письменную работу выставляется в соответствии со следующими критериями.

Отлично (80-100 баллов)

Поступающий 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 (60-79 баллов)

Поступающий 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 (40-59 баллов)

Поступающий 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 (менее 40 баллов)

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

Вопросы программы вступительного испытания в аспирантуру по научной специальности 1.1.10 Биомеханика и биоинженерия

Раздел 1. ФИЗИКА

1.1. Механика

1. Основные законы механики. Пространство и время в физике. Способы измерения протяженности и длительности (в лабораторной практике, в космических масштабах, в микромире). Материальная точка. Инерциальная система отсчета. Явление инерции. Первый закон Ньютона. Движение материальной точки под действием силы. Масса как мера инертности. Второй закон Ньютона. Взаимодействие материальных точек. Третий закон Ньютона. Гравитационное поле. Масса как источник гравитационного поля. Закон всемирного тяготения. Равенство гравитационной и инертной масс. Движение материальной точки относительно неинерциальных систем отсчета. Сила инерции. Сила Кориолиса. Движение абсолютно твердого тела. Вращательное движение. Угловая скорость. Плоское движение. Движение вокруг закрепленной точки. Углы Эйлера. Тензор инерции. Главные оси инерции тела. Уравнения Эйлера.

2. Законы сохранения в механике. Импульс материальной точки. Закон изменения и сохранения импульса. Столкновение тел. Момент импульса. Закон изменения и сохранения момента импульса. Момент силы. Движение под действием момента сил. Механическая работа. Энергия. Кинетическая и потенциальная энергия системы материальных точек тела и системы тел. Закон сохранения механической энергии. Связь законов сохранения со свойствами пространства-времени. Роль законов сохранения в механике. Движение в центральном поле. Задача двух тел. Законы Кеплера. Рассеяние частиц.

3. Принцип относительности в механике. Принцип относительности Галилея. Преобразование Галилея. Сложение скоростей в классической физике. Принцип относительности Эйнштейна. Преобразования Лоренца. Сокращение длин и замедление времени. Сложение скоростей в релятивистской физике. Эквивалентность массы и энергии. Импульс и энергия релятивистской частицы. Релятивистское уравнение движения.

4. Механические колебания и волны. Условие возникновения колебаний. Малые колебания. Затухающие колебания. Вынужденные колебания. Резонанс. Колебания в системах, связанных тел. Собственные частоты. Волны. Продольные и поперечные волны. Частота, длина волны, закон дисперсии, скорость, поляризация. Плоские и сферические волны. Волновые пакеты. Фазовая и групповая скорости. Элементы акустики.

5. Вариационные принципы в механике. Принцип наименьшего действия. Функция Лагранжа. Уравнения движения в форме Лагранжа. Функция Гамильтона. Уравнения движения в форме Гамильтона.

1.2. Молекулярная физика. Термодинамика и статистическая физика

1. Основные понятия и постулаты термодинамики. Макроскопическая система. Основы молекулярно-кинетической теории строения вещества. Термодинамический и статистический методы описания. Внешние и внутренние параметры. Термодинамическое состояние и его функции. Состояние термодинамического равновесия. Постулаты термодинамики. Установление термодинамического равновесия в изолированной системе. Равновесные и неравновесные процессы.

2. Начала термодинамики. Внутренняя энергия, теплота и работа. Первое начало термодинамики. Теплоемкости и скрытые теплоты. Изопрцессы и газовые законы на примере идеального газа и газа Ван дер Ваальса. Циклические процессы, тепловая и холодильная машины. Второе начало термодинамики. Энтропия. Второе начало термодинамики для неравновесных процессов. Неравенство Клаузиуса. Третье начало термодинамики (тепловая теорема Нернста). Поведение термодинамических величин при температуре, стремящейся к абсолютному нулю.

3. Термодинамические потенциалы, условия равновесия и фазовые переходы. Внутренняя энергия, свободная энергия, потенциал Гиббса, энтальпия. Термодинамические

потенциалы для систем с переменной массой. Химический потенциал. Основное соотношение равновесной термодинамики. Условия термодинамического равновесия. Гомогенная и гетерогенная системы. Общие условия термодинамического равновесия. Необходимые условия равновесия двухфазной однокомпонентной системы. Условия устойчивости равновесия однофазной системы. Принцип Ле Шателье. Фазовые переходы первого рода. Поведение термодинамических величин при фазовых переходах первого рода. Уравнение Клапейрона - Клаузиуса. Плавление. Сублимация. Испарение и кипение, давление насыщенного пара. Краевой угол. Смачивание. Капиллярные явления. Метастабильные состояния. Тройная точка. Критическая точка. Правило фаз Гиббса. Фазовые переходы второго рода. Поведение физических величин при фазовых переходах второго рода.

4. Основные положения статистической физики. Фазовое пространство. Ансамбль Гиббса (статистический ансамбль). Функция распределения. Теорема Лиувилля. Микроканоническое распределение. Каноническое распределение Гиббса. Связь статистической суммы со свободной энергией. Распределение Максвелла-Больцмана. Теорема о равномерном распределении кинетической энергии по степеням свободы. Теплоемкость классического идеального газа. Неидеальные газы. Газ Ван дер Ваальса. Большое каноническое распределение Гиббса. Квантовая статистика. Распределения Ферми-Дирака и Бозе-Эйнштейна. Общие свойства ферми-газов.

5. Флуктуации. Распределение вероятностей флуктуаций (распределение Гаусса). Флуктуации в идеальном газе.

6. Физическая кинетика. Частичные функции распределения. Кинетическое уравнение Больцмана. Диффузия. Законы Фика. Вязкость. Закон Ньютона. Механизмы внутреннего трения (вязкости) в газах, жидкостях, твердых телах. Сверхтекучесть. Теплопроводность. Закон Фурье. Механизмы теплопроводности в газах, жидкостях, твердых телах. Электропроводность. Формула Друде-Лоренца для электропроводности.

1.3. Электричество и магнетизм

1. Основные законы физики электромагнитных явлений. Электрический заряд и его свойства. Закон сохранения электрического заряда. Закон Кулона. Электрическое поле. Напряженность электрического поля. Теорема Гаусса. Обобщение закона Кулона в виде дифференциального уравнения. Потенциальность электрического поля неподвижных зарядов. Потенциал поля точечного заряда. Потенциал системы зарядов. Электрический ток. Магнитное поле тока. Закон Био-Савара-Лапласа. Ток смещения. Явление электромагнитной индукции. Закон электромагнитной индукции Фарадея. Правило Ленца.

2. Электрические цепи. Сопротивление. Закон Ома. Емкость. Конденсатор. Конденсатор в цепи переменного тока. Сопротивление конденсатора переменному току (емкостное сопротивление). Само- и взаимная индукция. Индуктивность в цепи переменного тока. Индуктивное сопротивление. Электрические цепи. Правила Кирхгофа для постоянных и переменных токов. Сопротивление цепи переменному току. Мощность переменного тока. Переменный ток и его применение. Колебательный контур.

3. Электромагнитные волны. Волновое уравнение для электромагнитного поля. Плоские монохроматические электромагнитные волны и их основные свойства (частота и волновое число, связь частоты с волновым числом (закон дисперсии), скорость распространения, ориентация полей). Плотность энергии и плотность потока энергии электромагнитного поля. Излучение ЭМВ диполем Герца. Сферические волны.

4. Взаимодействие зарядов и токов с электромагнитным полем. Сила Лоренца. Движение заряда в электрическом поле. Движение заряда в магнитном поле. Ускорители заряженных частиц. Сила, действующая на проводник с током в магнитном поле (сила Ампера). Магнитный момент замкнутого тока. Взаимодействие магнитного момента с полем. Преобразование энергии в поле переменных токов. Электродвигатели и генераторы переменного тока

5. Материальные среды в электромагнитном поле. Макроскопические электромагнитные поля в средах. Уравнения Максвелла. Материальные уравнения. Диэлектрическая и магнитная проницаемости. Диэлектрики. Связанные заряды. Поляризация

диэлектриков в электрическом поле. Вектор поляризации. Электрическая восприимчивость (поляризуемость). Полярные и неполярные диэлектрики. Особенности их поведения в постоянных и переменных полях. Магнитные свойства вещества. Вектор намагниченности. Молекулярные токи. Диа-, пара- и ферромагнетики. Магнитная проницаемость и магнитная восприимчивость. Природа диамагнетизма. Диамагнетизм Ландау. Спиновый магнитный момент. Природа пара- и ферромагнетизма. Применение пара- и ферромагнетизма. Сверхпроводимость. Электрические и магнитные свойства сверхпроводников. Высокотемпературная сверхпроводимость.

1.4. Оптика

1. Геометрическая оптика и фотометрия. Законы геометрической оптики. Центрированная оптическая система и ее кардинальные элементы. Построение изображений в собирающих и рассеивающих тонких линзах. Поперечное увеличение оптических приборов. Оптические приборы: глаз, лупа, микроскоп, телескоп. Геометрическая оптика как предел волновой. Основные фотометрические величины: поток света, сила света, яркость, светимость, освещенность, интенсивность света. Спектральная чувствительность глаза.

2. Волновая оптика. Электромагнитная природа света. Поперечность электромагнитных волн. Поляризация, виды поляризации световой волны. Поляризаторы. Закон Малюса. Интерференция света, Двухлучевая и многолучевая интерференция. Когерентность. Оптическая разность хода. Методы получения и расчета интерференционной картины. Классические интерференционные опыты. Интерферометры. Дифракция. Принцип Гюйгенса-Френеля. Дифракция Френеля. Дифракция Френеля на круглых отверстиях и препятствиях. Зоны Френеля. Дифракция Фраунгофера. Дифракционные решетки. Расчет дифракционной картины света на решетке. Дифракция рентгеновских лучей. Спектральные приборы, основные характеристики спектральных приборов. Голография: запись и восстановление изображения.

3. Излучение света. Классическая физическая модель излучения света. Естественная ширина спектральной линии. Формы спектральной линии. Уширение спектральных линий. Законы Кирхгофа для теплового излучения. Спектральная плотность излучения. Понятие абсолютно черного тела и законы его излучения. Квантовая физическая модель излучения света. Формула Планка для излучения абсолютно черного тела. Спонтанное и вынужденное излучение света атомами.

4. Квантовая оптика. Фотоны. Фотоэффект, законы фотоэффекта. Формула Эйнштейна для фотоэффекта. Эффект Комптона и его объяснение. Источники когерентного излучения - лазеры. Активная среда. Понятие об отрицательной температуре. Лазер и его принципиальное устройство. Применение лазеров.

5. Распространение света в различных средах. Отражение света от границы раздела двух изотропных сред: теория Френеля, угол Брюстера. Полное внутреннее отражение. Световоды. Дисперсия света. Электронная теория дисперсии света. Фазовая и групповая скорости света. Закон Бугера. Рассеяние света, рэлеевское рассеяние света. Распространение света в анизотропных средах. Оптические оси. Двойное лучепреломление и его применение. Оптически активные среды, эффект Фарадея в магнитных средах. Нелинейные среды. Эффекты в распространении света в нелинейных средах.

1.5. Атомная физика и квантовая механика

1. Краткая история возникновения и развития квантовых представлений. Излучение абсолютно черного тела. Квантовая гипотеза Планка. Кванты света. Фотоэффект. Постоянная Планка. Опыты Резерфорда. Классические представления о строении атома, их несостоятельность. Атом водорода по Бору. Пространственное квантование и опыты Штерна-Герлаха. Корпускулярно-волновой дуализм. Волны де-Бройля. Эффект Комптона. Опыты Дэвиссона и Джермера. Невозможность классического описания движения микрочастиц. Принцип неопределенности Гейзенберга, его эвристическая ценность.

2. Основные постулаты и принципы квантовой механики. Наблюдаемые величины и состояния. Волновая функция, ее статистическая интерпретация. Принцип суперпозиции. Матричная механика Гейзенберга. Операторы в квантовой механике. Понятие измерения. Среднее значение физической величины.

3. Эволюция состояний квантовых систем. Уравнение Шредингера, его стационарные решения. Свойства стационарных состояний. Плотность вероятности, плотность потока вероятности. Симметрия и законы сохранения в квантовой механике.

4. Простейшие и точно решаемые задачи квантовой механики. Одномерное движение. Туннелирование. Гармонический осциллятор. Движение частицы в центральном поле. Пространственный ротатор. Нерелятивистская теория атома водорода.

5. Теория возмущений. Стационарная теория возмущений. Невырожденный уровень. Вырожденный уровень. Квантовые переходы, вероятность перехода. «Золотое» правило Ферми. Закон сохранения энергии и соотношение неопределенностей энергия-время.

6. Взаимодействие квантовой системы с электромагнитным полем. Правила отбора для электродипольного излучения и поглощения. Рентгено-электронная спектроскопия. Резонансные методы исследования веществ (ЭПР, ЯМР и др.).

7. Системы тождественных частиц. Спин. Спиновые волновые функции. Уравнение Паули. Тождественные частицы в квантовой механике. Принцип Паули. Перестановочная симметрия волновых функций. Бозоны и фермионы. Атом гелия. Строение многоэлектронных атомов. Электронные конфигурации. Периодическая система химических элементов. Термы. Правило Хунда. Проявление спин-орбитального взаимодействия. Мультиплетное расщепление термов. Молекула водорода, возникновение химической связи. Перекрытие атомных орбиталей, ковалентность. Связывающие и антисвязывающие молекулярные орбитали. Обменное взаимодействие. Энергетический спектр и волновые функции электрона в идеальном кристалле. Энергетические зоны. Металлы, диэлектрики, полупроводники.

Раздел 2. Биоинженерия

1. Определение и области применения биоинженерии.
2. Цель и задачи биоинженерии.
3. Методы исследования.
4. Особенности культивирования клеток растений.
5. Значение культивирования одиночных клеток.
6. Методы и значение культивирования протопластов.
7. Парасексуальная гибридизация. Механизмы слияния клеток и объединения их геномов.
8. Характеристика соматических гибридов. Получение и характеристика гибридов.
9. Получение клеточных фрагментов растительных клеток и их использование в клеточной инженерии.
10. Мониторинг динамики растительного генома на различных этапах генетической трансформации растений.
11. Тесты по оценке безопасности трансгенных растений для человека.
12. Принципы и методы клонирования животных.
13. Принципы и методы получения трансгенных животных.
14. Научные, этические и экономические проблемы эмбриоинженерии.
15. Методы геной и клеточной инженерии в биоинженерных технологиях.
16. Генная инженерия соматических клеток. Способы переноса генетического материала.
17. Перспективы генной инженерии половых клеток человека.
18. Репродуктивная технология ЭКО и ПЭ.
19. Терапевтическое и репродуктивное клонирование, технологические трудности и ограничения.
20. Законодательство о запрете на клонировании человека.
21. ДНК-диагностика. Направления использования.
22. Генетическое тестирование.
23. Генетическая диагностика (определение предрасположенности, донозологическое тестирование, подбор лекарственной терапии).
24. Подбор индивидуальных норм и способов лечения с учетом генетического

профиля пациента.

25. Методы выявления индивидуальной подверженности профессиональным и средовым факторам риска.

26. Создание новых биообъектов в целях медицинского применения.

27. Основные подходы к устранению генных дефектов посредством генотерапии.

28. Способы доставки гена в организм, векторные системы.

29. Биоэтические проблемы генотерапии.

30. Необходимые параметры идеального искусственного органа.

31. Технологии и примеры выращивания органов вне организма.

32. Биоинженерные разработки искусственных аппаратов для поддержания жизнедеятельности человека.

33. Искусственная кровь. Характеристика, назначение, технологии создания.

34. Использование биоинженерных технологий в косметологии.

35. Создание и использование биокомпьютеров и нанороботов.

36. Нанороботы, основное назначение, перспективы их применения.

37. Перспективы комплексного применения нано- и биоинженерных технологий для восстановления здоровья человека.

38. Вопросы безопасности наноматериалов и нанотехнологии для здоровья человека.

39. Биоинженерные методы сохранения природных ресурсов.

40. Криоконсервация как метод сохранения генофонда вида.

41. Современные методы оценки биосовместимости материалов.

42. Биоинженерия в экологии.

**Учебно-методическое обеспечение и информационное обеспечение программы
вступительного испытания в аспирантуру по научной специальности 1.1.10
Биомеханика и биоинженерия**

1. Сивухин, Д.В. Общий курс физики: учебное пособие / Д.В. Сивухин. – 4-е изд., стер. – Москва: ФИЗМАТЛИТ, [б. г.]. – Том 1: Механика – 2010. – 560 с. – ISBN 5-9221-0225-7. – Текст: электронный // Электронно-библиотечная система «Лань»: [сайт]. – URL: <https://e.lanbook.com/book/2313>. – Режим доступа: для авториз. пользователей.
2. Сивухин, Д.В. Общий курс физики: учебное пособие / Д.В. Сивухин. – 5-е изд., стер. – Москва: ФИЗМАТЛИТ, [б. г.]. – Том 2: Термодинамика и молекулярная физика – 2006. – 544 с. – ISBN 5-9221-0601-5. – Текст: электронный // Электронно-библиотечная система «Лань»: [сайт]. – URL: <https://e.lanbook.com/book/2316>. – Режим доступа: для авториз. пользователей.
3. Сивухин, Д.В. Общий курс физики: учебное пособие / Д.В. Сивухин. – 5-е изд., стер. – Москва: ФИЗМАТЛИТ, [б. г.]. – Том 3: Электричество – 2009. – 656 с. – ISBN 978-5-9221-0673-3. – Текст: электронный // Электронно-библиотечная система «Лань»: [сайт]. – URL: <https://e.lanbook.com/book/2317>. – Режим доступа: для авториз. пользователей.
4. Сивухин, Д.В. Общий курс физики: учебное пособие / Д.В. Сивухин. – 3-е изд., стер. – Москва: ФИЗМАТЛИТ, [б. г.]. – Том 4: Оптика – 2002. – 792 с. – ISBN 5-9221-0228-1. – Текст: электронный // Электронно-библиотечная система «Лань»: [сайт]. – URL: <https://e.lanbook.com/book/2314>. – Режим доступа: для авториз. пользователей.
5. Сивухин, Д.В. Общий курс физики: учебное пособие / Д.В. Сивухин. – 2-е изд., стер. – Москва: ФИЗМАТЛИТ, [б. г.]. – Том 5: Атомная и ядерная физика – 2002. — 784 с. – ISBN 5-9221-0230-3. – Текст: электронный // Электронно-библиотечная система «Лань»: [сайт]. – URL: <https://e.lanbook.com/book/2315>. – Режим доступа: для авториз. Пользователей.
6. Генетика. Учеб. для вузов/ Под ред. Академика РАМН В.И. Иванова. – М.: ИКЦ «Академкнига», 2006.
7. Клаг У., Каммингс М. Основы генетики – М.: Мир, 2007.
8. Рыбчин В.Н. Основы генетической инженерии, учебник для вузов-СПб, 2005. 521с.
9. Биотехнология: Учеб. пособие для вузов. В 8 кн. /Под ред. Н. С. Егорова. Д.С. Самуилова. Кн. 3: Клеточная инженерия. – М.: Высш. шк., 1987.
10. Биотехнология. Клеточная инженерия растений / Итоги науки и техники. Т.9. Сер. Биотехнологическая. 1988.
11. Геном, клонирование, происхождение человека. - Фрязино: «Век 2», 2004. Под ред. Чл.-корр. РАН Л.И. Корочкина.
12. Глеба Ю.Ю., Сытник К.М. Клеточная инженерия растений. - Киев: Наук, думка. 1984.
13. Клунова С. М., Егорова Т. А, Живухина Е. А. Биотехнология: учеб. пособие для студентов высш. учеб. заведений, обучающихся по специальности "Биология" – М.: Академия. 2010. – 256с.
14. Рыбчин В.Н. Основы генетической инженерии. 2-е изд., перераб. и доп.: Учебник для вузов. СПб.: изд-во СПбГТУ. – 2002.
15. Сельскохозяйственная биотехнология: Учебн. / Шевелуха В.С., Калашникова Е.А., Дегтярев С.В. и др. – М.: Высшая школа, 1997.
16. Харченко П.Н., Глазко В.И. ДНК-технологии в развитии агробиологии. М: Воскресенье». – 2006. Щелкунов С.Н. Генетическая инженерия: Учеб.-справ. Пособие. – 2-е изд.. испр. И доп. Новосибирск: Сиб. унив. изд-во, 2004.

Программа вступительного испытания в аспирантуру составлена в соответствии с государственными образовательными стандартами высшего профессионального образования по специальности 1.1.10 Биомеханика и биоинженерия.