

**ПРОГРАММА  
ВСТУПИТЕЛЬНЫХ ИСПЫТАНИЙ  
ПО НАПРАВЛЕНИЮ ПОДГОТОВКИ КАДРОВ ВЫСШЕЙ КВАЛИФИКАЦИИ  
1.3. «ФИЗИЧЕСКИЕ НАУКИ»**

Программа вступительного испытания в аспирантуру по направлению подготовки кадров высшей квалификации 1.3. Физические науки по научной дисциплине 1.3.21. Медицинская физика содержит разделы:

**МЕХАНИКА.** Основные законы механики. Пространство и время в физике. Кинематика материальной точки. Линейные и угловые скорости и ускорения. Динамика материальной точки. Законы Ньютона. Уравнения движения. Динамика системы материальных точек. Законы сохранения в механике. Движение в центрально-симметричном поле. Закон всемирного тяготения. Законы Кеплера. Функция Лагранжа и уравнения Лагранжа системы материальных точек. Интегралы движения. Динамика абсолютно твердого тела. Тензор инерции. Уравнения Эйлера. Движение относительно неинерциальных систем отсчета. Уравнения движения. Силы инерции. Вариационный принцип Гамильтона. Законы сохранения и свойства симметрии пространства и времени. Колебания систем с одной и многими степенями свободы. Свободные и вынужденные колебания. Затухающие колебания. Показатель затухания. Канонические уравнения Гамильтона. Скобки Пуассона. Уравнения Гамильтона - Якоби. Механика жидкостей и газов. Течение идеальной жидкости. Уравнение Бернулли. Ламинарное и турбулентное течения. Число Рейнольдса. Течение вязкой жидкости. Уравнение Навье - Стокса. Формула Пуазеля. Волны в сплошной среде. Уравнение волны. Акустические волны. Ультразвук. Эффект Доплера.

**Список рекомендованной литературы:**

1. Курс общей физики. В 3 т. Том 1. Механика. Молекулярная физика: учебник для вузов / И.В. Савельев. — 18-е изд., стер. — Санкт-Петербург: Лань, 2022. — 436 с.
2. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Теоретическая физика: учебное пособие для вузов в 10 томах. Т. 1. Механика. — 5-е изд., стереот. — М.: Физматлит, 2004. - 224 с.

**МОЛЕКУЛЯРНАЯ ФИЗИКА.** Термодинамический и статистический подход к описанию молекулярных явлений. Температура. Постоянная Больцмана. Первое начало термодинамики. Внутренняя энергия, теплота и работа. Циклические процессы. Цикл Карно и его КПД. Второе начало термодинамики. Энтропия термодинамической системы. Термодинамическая вероятность и энтропия. Термодинамические потенциалы. Общие условия равновесия фаз. Взаимодействие молекул. Идеальный газ. Основные газовые законы. Распределение молекул газа по скоростям. Идеальный газ во внешнем потенциальном поле. Распределение Больцмана. Реальные газы. Уравнение Ван-дер-Ваальса. Каноническое распределение Гиббса. Статистическая сумма и свободная энергия системы. Статистика Бозе-Эйнштейна и статистика Ферми-Дирака. Равновесное излучение. Спектральная плотность излучения. Формула Планка. Теплоемкость твердых тел. Модели Дебая и Эйнштейна. Теория флуктуации. Флуктуация плотности. Броуновское движение. Формулы Эйнштейна для дисперсии импульса и смещения броуновской частицы.

Жидкости. Поверхностные явления. Давление под искривленной поверхностью. Смачиваемость и капиллярные явления, адгезия и адсорбция. Твердые тела. Кристаллы. Симметрия кристаллов. Дефекты в кристаллах. Фазовые переходы первого и второго рода. Условия равновесия и устойчивости фаз. Явления переноса. Диффузия, закон Фика; внутреннее трение, закон Ньютона-Стокса; теплопроводность, закон Фурье. Кинетическое уравнение Больцмана. Понятие об Н-теореме. Плазменное состояние вещества. Кинетическое уравнение Власова. Понятие о самосогласованном поле.

#### **Список рекомендованной литературы:**

1. Курс общей физики. В 3 т. Том 1. Механика. Молекулярная физика: учебник для вузов / И.В. Савельев. — 18-е изд., стер. — Санкт-Петербург: Лань, 2022. — 436 с.
2. Молекулярная физика. Термодинамика. Конденсированные состояния / Ш.А. Пиралишвили, Е.В. Шалагина, Н.А. Каляева, Е.А. Попкова. — Санкт-Петербург: Лань, 2022. — 200 с.

**ЭЛЕКТРОДИНАМИКА И ОПТИКА.** Электростатические поля. Закон Кулона. Теорема Гаусса. Потенциал и его разложение по мультиполям. Магнитостатические поля. Закон Био-Савара-Лапласа. Теорема о циркуляции вектора напряженности магнитного поля. Уравнения Максвелла в вакууме. Скалярный и векторный потенциалы. Излучение электромагнитных волн в электрическом дипольном приближении. Радиационное трение. Уравнения Максвелла в среде. Материальные уравнения и граничные условия. Пространственная и временная дисперсии диэлектрической проницаемости. Физический смысл её действительной и мнимой частей. Проводники, сверхпроводники, диэлектрики и магнетики, их физические свойства. Преобразование Лоренца. Законы преобразования плотностей зарядов и токов, полей и потенциалов при преобразованиях Лоренца. Преобразование частоты и волнового вектора электромагнитной волны при преобразованиях Лоренца. Эффект Доплера. Основы электромагнитной теории света. Энергия и импульс световых волн. Опыты Лебедева по измерению светового давления. Интерференция света. Временная и пространственная когерентность. Интерферометры. Диэлектрические зеркала и интерференционные фильтры. Дифракция света. Приближения Френеля и Фраунгофера. Спектральные приборы. Роль дифракции при формировании оптических изображений. Дисперсия и поглощение света. Фазовая и групповая скорости света. Отражение и преломление света. Молекулярное рассеяние света. Формула Рэлея. Спектральный состав рассеянного света. Рассеяние в мутных средах. Излучение ансамбля статистически независимых осцилляторов. Естественная ширина спектральной линии. Ударное (столкновительное) и доплеровское уширение линий. Квазистационарное приближение в макроскопической электродинамике и границы его применимости. Скин-эффект. Квантовая теория излучения. Законы теплового излучения конденсированных сред, формула Планка. Излучение света атомами и молекулами. Двухуровневая система. Спонтанные и вынужденные переходы. Усиление света, лазеры.

#### **Список рекомендованной литературы:**

1. Курс общей физики. В 3-х тт. Том 2. Электричество и магнетизм. Волны. Оптика / И.В. Савельев. — 17-е изд., стер. — Санкт-Петербург: Лань, 2023. — 500 с.
2. Аплеснин С.С. Основы электродинамики. Теория, задачи и тесты / С.С. Аплеснин, Л.И. Чернышова. — Санкт-Петербург: Лань, 2022. — 576 с.

**АТОМНАЯ ФИЗИКА И КВАНТОВАЯ ТЕОРИЯ.** Экспериментальные факты, лежащие в основе квантовой теории. Атомные спектры излучения. Атом водорода. Постулаты Бора. Опыты по дифракции электронов и атомов. Волновые и корпускулярные свойства материи. Гипотеза де-Бройля. Основные постулаты квантовой механики. Операторы координаты и импульса. Гамильтониан. Чистые и смешанные состояния квантовомеханической системы. Волновая функция и ее свойства. Плотность вероятности и матрица плотности. Принцип неопределенности. Описание эволюции квантовомеханических систем. Уравнения Гейзенберга и Шредингера. Стационарные состояния. Линейный квантовый гармонический осциллятор. Энергии и волновые функции стационарных состояний. Прохождение частиц через потенциальный барьер. Туннельный эффект. Движение в центральном поле. Атом водорода: волновые функции и уровни энергии. Орбитальный механический и магнитный моменты. Сложение моментов. Спектры атомов щелочных металлов. Стационарная теория возмущений в отсутствие и при наличии вырождения. Эффекты Зеемана и Пашена-Бака. Эффект Штарка. Уравнение Дирака. Квазирелятивистское приближение. Спин-орбитальное взаимодействие. Тонкая структура спектра атома водорода. Системы тождественных частиц. Симметричные и антисимметричные волновые функции. Бозоны и фермионы. Принцип Паули. Многоэлектронный атом. Приближение самосогласованного поля. Электронная конфигурация атома. Терм. Тонкая структура терма. Приближение LS и JJ-связей. Правила Хунда. Периодическая система элементов. Периоды и группы. Переходные элементы. Нестационарная теория возмущений. Вероятность перехода в квантовой системе. Электромагнитные переходы в атомах и молекулах. Правила отбора. Теория упругого рассеяния. Борновское приближение. Парциальное разложение амплитуды рассеяния. Основы физики молекул. Адиабатическое приближение. Термы двухатомной молекулы. Типы химической связи. Спектры двухатомных молекул. Движение частиц в периодическом поле, зонная структура энергетических спектров.

### **Список рекомендованной литературы:**

1. Курс общей физики. В 3-х тт. Том 3. Квантовая оптика. Атомная физика. Физика твердого тела. Физика атомного ядра и элементарных частиц / И. В. Савельев. — 14-е изд., стер. — Санкт-Петербург: Лань, 2023. — 320 с.
2. Беданок Р.А. Квантовая физика и элементы квантовой механики / Р.А. Беданок. — 3-е изд., стер. — Санкт-Петербург: Лань, 2023. — 116 с.

**ФИЗИКА АТОМНОГО ЯДРА И ЧАСТИЦ.** Основные характеристики атомных ядер. Протоны и нейтроны. Масса и энергия связи ядра. Квантовые характеристики ядерных состояний. Спин ядра. Радиоактивность. Закон радиоактивного распада,  $\alpha$  - распад,  $\beta$  - распад и  $\gamma$ -излучение ядер. Эффект Мессбауэра. Деление и синтез ядер. Цепная реакция, деления и термоядерная реакция. Ядерная энергия. Реакторы. Модели атомных ядер. Модель Ферми-газа, оболочечная модель, модель жидкой капли и обобщенная модель ядра. Механизмы ядерных реакций. Сечения реакций. Каналы реакций. Ядерные силы и их свойства. Частицы и взаимодействия. Взаимодействие как обмен квантами калибровочного поля (калибровочными бозонами). Фундаментальные частицы - лептоны и кварки. Античастицы. Электромагнитное взаимодействие. Сильное взаимодействие. Кварковая структура адронов. Цветовой заряд кварков. Глюоны. Слабое взаимодействие и процессы,

им обусловленные. Слабые распады кварков и лептонов. Нейтрино и антинейтрино. Взаимодействие нейтрино с веществом. Симметрии и законы сохранения. Объединение взаимодействий. Нуклеосинтез во Вселенной. Ядерные реакции в звездах. Взаимодействие частиц и излучений с веществом. Принципы и методы ускорения заряженных частиц. Методы детектирования частиц.

### **Список рекомендованной литературы:**

1. Курс общей физики. В 3-х тт. Том 3. Квантовая оптика. Атомная физика. Физика твердого тела. Физика атомного ядра и элементарных частиц / И. В. Савельев. — 14-е изд., стер. — Санкт-Петербург: Лань, 2023. — 320 с.
2. Атомная и ядерная физика: учеб. пособие / А.Н. Кислов. — Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2017. — 271 с.

**МЕДИЦИНСКАЯ ФИЗИКА.** Мембранный потенциал. Электрогенные помпы. Потенциал действия. Математическое описание кинетики ионных токов, селективность ионных каналов. Распространение потенциала действия по нервному волокну. Внешние электрические поля тканей и органов. Потенциал электрического поля токового униполю. 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. Действие неионизирующего и излучения (электрических, магнитных и электромагнитных полей) на биологические объекты и системы, ткани живого организма. Виды взаимодействий в биологических молекулах. Конформационная энергия и пространственная организация биополимеров. Уровни структурной организации биополимеров. Взаимодействие макромолекул с растворителем. Состояние воды и гидрофобные взаимодействия в биоструктурах. Особенности пространственной организации белков. Механизмы ферментативного катализа. Особенности пространственной организации и физико-химические свойства ДНК и хроматина. Механизм реакции полимеризации ДНК и его катализ. Репликация и репарация. Транскрипция. Механизм синтеза белка. Преобразование энергии в живой клетке. Мембрана как универсальный компонент биологических систем. Избирательная проницаемость биомембран. Жидкостно-мозаичная модель. Пассивный и активный транспорт веществ через мембранные структуры клетки. Физические методы исследования и технологии в биологии и медицине. Оптическая спектроскопия. Абсорбционная спектроскопия в ультрафиолетовой и видимой областях. Спектры поглощения белков. Спектры поглощения нуклеиновых кислот. Флуоресцентная спектроскопия. Резонансный перенос энергии (FRET). Круговой дихроизм. Малоугловое рассеяние рентгеновских лучей и нейтронов. Рентгеноструктурный анализ и кристаллография биомолекул. Основные принципы ЯМР-спектроскопии. Применение спектроскопии ЯМР в структурно-динамических исследованиях биомолекул. ЯМР высокого разрешения, импульсные методы ЯМР, методы молекулярной динамики. 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. Методы изучения конформационной подвижности: изотопный обмен, люминесцентные методы, гамма-резонансная спектроскопия. Масс-спектрометрия. Методы ионизации биологических макромолекул. Лазерная десорбция-ионизация из матрицы (MALDI). Ультразвук. Применение ультразвука в биомедицине. Позитронно-эмиссионная томография.

### **Список рекомендованной литературы:**

1. Наумюк Е. П. Основы медицинской физики с элементами биофизики: учебное пособие / Е. П. Наумюк, А. В. Копыцкий, В. М. Завадская; составители в. — Гродно: ГрГМУ, 2021. — 408 с.
2. Ремизов А.Н. Медицинская и биологическая физика: учебник / А.Н. Ремизов — М.: ГЭОТАР-Медиа, 2016. — 656 с.
3. Костылев В.А. Медицинская физика: учебное пособие / В.А. Костылев, Б.Я. Наркевич— М.: Медицина, 2008. — 464 с.