

МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Самарский государственный технический университет»  
(ФГБОУ ВО «СамГТУ»)



УТВЕРЖДАЮ

Ректор ФГБОУ ВО «СамГТУ»,  
Д.Ф., профессор

\_\_\_\_\_ Д. Е. Быков  
«17» 12 2024 г.

**ПРОГРАММА ВСТУПИТЕЛЬНОГО ЭКЗАМЕНА  
в аспирантуру СамГТУ**  
по научной специальности

*1.3.17. Химическая физика, горение и взрыв, физика экстремальных состояний вещества*

## 1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

К вступительным испытаниям по программам подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре СамГТУ допускаются лица, имеющие образование не ниже высшего (специалитет или магистратура).

Прием осуществляется на конкурсной основе по результатам вступительных испытаний.

## 2. ЦЕЛЬ ВСТУПИТЕЛЬНОГО ИСПЫТАНИЯ

Вступительные испытания призваны определить степень готовности поступающего к освоению основной образовательной программы аспирантуры по научной специальности 1.3.17. Химическая физика, горение и взрыв, физика экстремальных состояний вещества.

## 3. ФОРМА ПРОВЕДЕНИЯ И КРИТЕРИИ ОЦЕНКИ ВСТУПИТЕЛЬНОГО ИСПЫТАНИЯ

Вступительное испытание проводится в письменной форме в соответствии с установленным приемной комиссией СамГТУ расписанием.

Поступающему предлагается ответить письменно на вопросы и (или) решить задачи в соответствии с экзаменационными заданиями, которые охватывают содержание разделов и тем программы вступительных испытаний. Для подготовки ответа поступающие используют экзаменационные листы, которые впоследствии хранятся в их личном деле.

При приеме на обучение по программам подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре результаты каждого вступительного испытания оцениваются **по пятибалльной шкале**.

Минимальное количество баллов для каждой научной специальности, подтверждающее успешное прохождение вступительного испытания, составляет **3 балла**.

### Шкала оценивания:

**«Отлично»** – выставляется, если поступающий представил развернутые, четкие ответы на основные вопросы экзаменационного билета.

**«Хорошо»** – выставляется, если поступающий представил относительно развернутые, четкие ответы на основные вопросы экзаменационного билета;

**«Удовлетворительно»** – выставляется, если поступающий представил относительно развернутые, четкие ответы на основные вопросы экзаменационного билета, при этом некоторые ответы раскрыты не полностью;

**«Неудовлетворительно»** – выставляется, если при ответе поступающего основные вопросы билета не раскрыты.

## 4. ПЕРЕЧЕНЬ РАЗДЕЛОВ, ТЕМ И СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

### РАЗДЕЛ 1. ХИМИЧЕСКАЯ ФИЗИКА, ГОРЕНИЕ И ВЗРЫВ, ФИЗИКА ЭКСТРЕМАЛЬНЫХ СОСТОЯНИЙ ВЕЩЕСТВА

#### 1.1 Элементы кинематики

Пространственно – временные отношения. Система отсчета. Скалярные и векторные физические величины. Основные кинематические характеристики движения частиц. Скорость и ускорение частицы при криволинейном движении. Движение частицы по окружности. Угловая скорость и угловое ускорение.

#### 1.2 Элементы динамики частиц

Понятие состояния частицы в классической механике. Основная задача динамики. Первый закон Ньютона. Понятие инерциальной системы отсчета. Масса и импульс тела. Второй закон Ньютона как уравнение движения. Третий закон Ньютона. Современная

трактовка законов Ньютона. Границы применения классического способа описания движения частиц.

### **1.3 Законы сохранения в механике**

Закон сохранения импульса как фундаментальный закон природы. Связь закона сохранения импульса с однородностью пространства. Работа силы и ее выражение через криволинейный интеграл. Кинетическая энергия механической системы и ее связь с работой внешних и внутренних сил, приложенных к системе. Поле как форма материи, осуществляющей силовое взаимодействие между частицами вещества. Консервативные и неконсервативные силы. Потенциальная энергия системы. Закон сохранения механической энергии и его связь с однородностью времени. Диссипация энергии.

### **1.4 Элементы механики твердого тела**

Уравнения движения и равновесия твердого тела. Понятие статически неопределенных систем. Момент инерции твердого тела относительно оси. Момент силы относительно оси. Кинетическая энергия твердого тела, совершающего поступательное и вращательное движения. Уравнение движения твердого тела, вращающегося вокруг неподвижной оси. Момент импульса тела относительно неподвижной оси. Гироскоп. Закон сохранения момента импульса и его связь с изотропностью пространства.

### **1.5 Элементы релятивистской динамики**

Принцип относительности в релятивистской механике. Преобразование Лоренца для координат и времени и их следствия. Релятивистский импульс. Инвариантность уравнений движения относительно преобразований Лоренца. Полная энергия частицы. Четырехмерный вектор энергии-импульса частицы. Закон сохранения четырехмерного вектора энергии-импульса. Столкновение релятивистских частиц.

### **1.6 Элементы механики сплошных сред**

Общие свойства газов и жидкостей. Кинематическое описание движения жидкости. Уравнения движения и равновесия жидкости. Идеальная жидкость. Стационарное течение идеальной жидкости. Уравнение Бернулли. Вязкая жидкость. Силы внутреннего трения. Стационарное течение вязкой жидкости. Законы гидродинамического подобия. Гидродинамическая неустойчивость. Понятие о турбулентности.

### **1.7 Физика колебаний и волн**

Общие представления о колебательных и волновых процессах. Единый подход к описанию колебаний и волн различной физической природы. Свободные незатухающие колебания. Комплексная форма представления гармонических колебаний. Амплитуда, круговая частота и фаза гармонических колебаний. Энергия колебаний. Гармонический осциллятор. Модель гармонического осциллятора. Примеры гармонических осцилляторов: маятник, груз на пружине, колебательный контур. Векторные диаграммы. Сложение скалярных и векторных колебаний. Биения. Фигуры Лиссажу. Комплексная форма представления гармонических колебаний. Свободные затухающие колебания. Коэффициент затухания. Логарифмический декремент. Добротность. Энергия гармонического осциллятора. Вынужденные колебания гармонического осциллятора под действием синусоидальной силы. Амплитуда и фаза вынужденных колебаний. Время установления вынужденных колебаний и его связь с добротностью. Резонанс. Волновые процессы. Плоская синусоидальная волна. Одномерное волновое уравнение. Упругие волны в газах, жидкостях и твердых телах. Энергетические характеристики упругих волн. Вектор Умова. Поведение звука на границе раздела двух сред. Понятие об ударных волнах. Эффект Доплера.

## **1.8 Молекулярно - кинетическая теория**

Макроскопическое состояние. Основное уравнение МКТ. Макроскопические параметры как средние значения. Тепловое равновесие. Понятие о температуре. Модель идеального газа. Уравнение состояния идеального газа и его применение к изопроцессам. Распределение Максвелла. Скорости молекул. Распределение Больцмана. Барометрическая формула. Распределение Максвелла – Больцмана. Средняя кинетическая энергия частицы. Закон равномерного распределения кинетической энергии по степеням свободы. Явление переноса. Диффузия. Теплопроводность. Коэффициент диффузии. Коэффициент теплопроводности. Диффузия в газах, жидкостях и твердых телах. Вязкость. Коэффициенты вязкости газов и жидкостей.

## **1.9 Основы термодинамики**

Первое начало термодинамики. Внутренняя энергия. Применение первого начала термодинамики к изопроцессам. Теплоемкость. Классическая молекулярно - кинетическая теория теплоемкости идеального газа и ее ограниченность. Обратимые и необратимые процессы. Энтропия. Второе начало термодинамики. Термодинамические потенциалы и условия равновесия. Цикл Карно. Максимальный КПД тепловой машины. Энтропия и вероятность. Определение энтропии равновесной системы через статистический вес макросостояния. Энтропия как количественная мера хаотичности. Переход от порядка к беспорядку в состоянии теплового равновесия. Принцип Нернста и его следствия. Термодинамические потенциалы и условия равновесия. Химический потенциал. Условия химического равновесия. Фазы и фазовые превращения. Условия равновесия фаз. Фазовые диаграммы. Уравнение Клапейрона-Клаузиуса. Критическая точка. Метастабильные состояния. Фазовые переходы второго рода. Термодинамика поверхности раздела двух фаз.

## **1.10 Электростатика**

Закон Кулона. Напряженность электрического поля. Принцип суперпозиции. Электрический диполь. Поток вектора напряженности. Вектор электростатической индукции. Поток индукции. Теорема Остроградского - Гаусса для электростатического поля в вакууме. Применение теоремы Гаусса к вычислению напряженности электростатического поля. Работа электростатического поля. Циркуляция вектора напряженности. Потенциал электростатического поля и его связь с напряженностью. Поляризация диэлектрика. Типы диэлектриков. Электронная и ориентационная поляризация. Диэлектрическая проницаемость. Теорема Гаусса для поля в диэлектрике. Граничные условия на поверхности раздела «диэлектрик-диэлектрик» и «проводник-диэлектрик». Плотность энергии электростатического поля в диэлектрике. Проводники в электрическом поле. Распределение электрических зарядов в проводнике. Условия на границе двух диэлектриков. Конденсаторы. Емкость конденсаторов. Энергия взаимодействия электрических зарядов. Энергия системы заряженных проводников. Энергия заряженного конденсатора. Плотность энергии электростатического поля.

## **1.11 Постоянный электрический ток**

Условия существования электрического тока. Проводники и изоляторы. Законы Ома и Джоуля - Ленца в интегральной и дифференциальной формах. Сторонние силы. ЭДС. Источники ЭДС. Закон Ома для замкнутой цепи и участка цепи, содержащего источник ЭДС. Закон сохранения энергии для замкнутой цепи. Правила Кирхгофа.

## **1.12 Магнитное поле**

Магнитная индукция. Виток с током в магнитном поле. Момент сил, действующих на виток с током во внешнем магнитном поле. Магнитный момент. Сила Ампера. Закон Био-Савара. Магнитное поле прямолинейного проводника с током. Магнитное поле кругового

тока. Вихревой характер магнитного поля. Циркуляция вектора магнитной индукции. Магнитное поле длинного соленоида. Сила Ампера. Взаимодействие проводников с током. Движение заряженных частиц в электрическом и магнитном полях. Сила Лоренца. Магнитный поток. Контур с током в магнитном поле. Электромагнитная индукция. Правило Ленца. Коэффициенты индуктивности и взаимной индуктивности. Явление самоиндукции при замыкании и размыкании электрической цепи. Магнитная энергия тока. Плотность энергии магнитного поля. Магнитное поле в веществе. Длинный соленоид с магнетиком. Намагничивание вещества. Молекулярные токи. Намагниченность. Напряженность магнитного поля. Магнитная проницаемость. Основные уравнения магнетостатики в веществе. Граничные условия на поверхности раздела двух магнетиков. Плотность энергии магнитного поля в веществе.

### **1.13 Электромагнитное поле**

Фарадеевская и максвелловская трактовки явления электромагнитной индукции. Вихревое электрическое поле. Ток смещения. Система уравнений Максвелла в интегральной и дифференциальной формах. Принцип относительности в электродинамике.

### **1.14 Электромагнитные колебания и волны**

Колебательный контур. Собственные электромагнитные колебания. Затухающие и вынужденные электромагнитные колебания. Случай резонанса. Электромагнитные волны. Волновое уравнение. Скорость распространения электромагнитных волн. Закон сохранения энергии для электромагнитного поля. Плотность энергии электромагнитного поля. Плотность потока энергии электромагнитного поля.

### **1.15 Интерференция волн**

Принцип суперпозиции для волн. Интерференция плоских монохроматических световых волн. Время и длина когерентности. Пространственная когерентность. Расчет интерференционной картины от двух когерентных источников. Интерференция в тонких пленках. Кольца Ньютона. Полосы равной толщины и равного наклона.

### **1.16 Дифракция света**

Принцип Гюйгенса-Френеля. Дифракция Френеля. Зоны Френеля. Дифракция Фраунгофера. Дифракция на круглом отверстии, прямой щели и на множестве параллельных щелей. Дифракционная решетка. Спектральное разложение. Разрешающая способность спектральных приборов.

### **1.17 Взаимодействие электромагнитных волн с веществом**

Модель среды с дисперсией. Показатель преломления. Нормальная и аномальная дисперсии. Групповая скорость. Поглощение волн. Поведение волн на границе раздела двух сред. Поляризация. Естественный и поляризованный свет. Закон Малюса. Анизотропные среды. Поляризация при двойном лучепреломлении. Призма Николя. Элементы кристаллооптики. Электрооптические и магнитооптические явления. Эффект Керра. Эффект Фарадея.

### **1.18 Тепловое излучение**

Тепловое излучение абсолютно черного тела. Противоречия классической физики. Закон Кирхгофа. Закон Стефана-Больцмана. Распределение энергии в спектре абсолютно черного тела. Закон смещения Вина. Квантовая гипотеза и формула Планка.

## **1.19 Фотоны**

Энергия и импульс световых квантов. Внешний фотоэффект и его законы. Формула Эйнштейна для фотоэлектрического эффекта. Квантовое и волновое объяснение давления света. Эффект Комптона. Масса и импульс фотона.

## **1.20 Корпускулярно-волновой дуализм**

Гипотеза де Бройля. Дифракция электронов и нейтронов. Микрочастица в однощелевом интерферометре. Соотношение неопределенностей как проявление корпускулярно-волнового дуализма свойств материи. Наборы одновременно измеримых величин. Волновая функция и ее статистический смысл. Временное уравнение Шредингера. Стационарное уравнение Шредингера. Стационарные состояния. Принцип причинности в квантовой механике. Движение свободной частицы. Частица в одномерной и трехмерной потенциальных ямах. Квантование энергии и импульса частицы. Прохождение частицы над и под потенциальным барьером. Туннельный эффект. Гармонический осциллятор. Принцип соответствия Бора.

## **1.21 Теория атома водорода по Бору**

Экспериментальное обоснование основных идей квантовой механики. Линейчатые спектры атомов. Правило частот Бора. Принцип соответствия. Опыты Франка и Герца. Спектр атома водорода по Бору.

## **1.22 Атом**

Частица в сферически симметричном поле. Водородоподобные атомы. Главное, орбитальное и магнитное квантовые числа. Энергетические уровни. Потенциалы возбуждения и ионизации. Спектры водородоподобных атомов. Пространственное распределение плотности вероятности для электрона в атоме водорода. Магнитный момент атома. Опыт Штерна и Герлаха. Спин электрона. Эффект Зеемана. ЭПР.

## **1.23 Атомное ядро**

Строение атомных ядер. Ядерные реакции. Радиоактивные превращения атомных ядер. Цепная реакция деления. Термоядерный реактор. Термоядерный синтез.

## **1.24 Элементы квантовой статистики**

Статистическое описание квантовой системы, различие между квантомеханической и статистической вероятностями. Симметрия волной функции многих одинаковых частиц. Квантовые идеальные газы: распределение Бозе и Ферми. Конденсированное состояние. Строение кристаллов. Точечные дефекты в кристаллах. Акустические и оптические колебания кристаллической решетки. Комбинационное рассеяние. Понятие о фононах. Теплоемкость кристаллов при низких и высоких температурах. Электропроводность металлов. Носители тока в металлах. Недостаточность классической электронной теории. Электронный Ферми-газ в металле. Электронная теплоемкость. Элементы зонной теории кристаллов. Уровень Ферми. Число электронных состояний в зоне. Заполнение зон: металлы, диэлектрики, полупроводники. Понятие дырочной проводимости. Собственные и примесные полупроводники. Явление сверхпроводимости. Куперовские пары. Сверхпроводимость 1 и 2 рода. Высокотемпературная и сверхпроводимость. Захват и квантование магнитного потока. Эффект Джозефсона. Магнетики. Пара-, диа-, ферро- и антиферромагнетики. Квантовая теория ферромагнетизма. Доменная структура.

## **1.25 Элементы физической кинетики**

Локальное и неполное равновесие. Релаксационные явления. Времена релаксации различных процессов приближения к тепловому равновесию. Броуновское движение. Связь

диффузии с броуновским движением. Чувствительность измерительных приборов. Шумы. Понятие о принципе Онзагера. Электропроводность как вынужденная диффузия. Понятие о перекрестных эффектах.

### 1.26 Статистические распределения

Распределение Гиббса. Модель системы в термостате. Каноническое распределение Гиббса. Статистический смысл термодинамических потенциалов и температуры. Роль свободной энергии. Распределение Гиббса для системы с переменным числом частиц. Энтропия и вероятность. Определение энтропии равновесной системы через статистический вес макросостояния. Энтропия как количественная мера хаотичности. Переход от порядка к беспорядку в состоянии теплового равновесия. Принцип Нернста и его следствия. Макросистемы вдали от равновесия. Открытые диссипативные системы. Роль нелинейности. Понятие о бифуркациях. Идеи синергетики. Динамический хаос. Самоорганизация в природе. Каскады Фейгенбаума. Теорема Пригожина. Появление самоорганизации в открытых системах и превращение флуктуаций в макроскопические эффекты.

### 1.27 Вещество в различных условиях

Реальные газы. Потенциал межмолекулярного взаимодействия. Изотермы Ван-дер-Ваальса. Закон соответственных состояний. Эффект Джоуля-Томсона. Дросселирование газов. Жидкое состояние. Жидкости. Поверхностное натяжение. Условие равновесия на границе жидкостей. Структура жидкости. Жидкие кристаллы. Жидкие растворы. Законы Рауля и Генри. Осмотическое давление. Диаграмма состояния раствора. Дисперсные системы. Эмульсии. Устойчивость эмульсий. Седиментация. Физико-механические и электрические свойства. Аэродисперсные системы и коллоиды. Пыли, дымы, туманы. Давление насыщенных и пересыщенных паров. Коагуляция. Коллоидные растворы. Суспензии. Строение кристаллов. Экспериментальные методы исследования кристаллов. Точечные дефекты в кристаллах. Краевые и винтовые дислокации. Дислокации и пластичность.

### 1.28 Современная картина мира

Вещество и поле. Атомно-молекулярное строение вещества. Атомное ядро. Кварки. Элементарные частицы: лептоны, адроны. Сильное, электромагнитное, слабое и гравитационное взаимодействие. Иерархия взаимодействий. О единых теориях материи. Физическая картина мира как философская категория.

### Список рекомендуемой литературы

1. Кривченко, А.Л. Теория горения и взрыва [Текст]: учеб. пособие / А.Л. Кривченко; Самар. гос.техн.ун-т. – Самара, 2013. - 139 с.
2. Детлаф А.А. Курс физики: Учеб. пособие/ А.А.Детлаф, Б.М.Яворский.-4-е изд., испр.- М.: Academia, 2003. 720 с. ISBN 5-7695-1040-4.
3. Зисман Г.А. Курс общей физики: Учеб. пособие/ Г.А.Зисман, О.М.Тодес.- 7-е изд., стер.- М.;СПб.; Краснодар: Лань.- (Классич. учеб. лит. по физике) Т.2: Электричество и магнетизм.- 2007- 352 с. ISBN 978-5-8114-0752-1.
4. Зисман Г.А. Курс общей физики: Учеб. пособие/ Г.А.Зисман, О.М.Тодес.- 6-е изд., стер.- М.;СПб.; Краснодар: Лань.- (Классич. учеб. лит. по физике) Т.3: Оптика. Физика атомов и молекул. Физика атомного ядра и микрочастиц. 2007- 498 с. ISBN 978-5-8114-0752-1.
5. Савельев И.В. Курс общей физики: [Учеб. пособие]: В 5 кн.- М.: Астрель: АСТ. Кн.1: Механика.- 2005.- 336 с. ISBN 5-17-002963-2.
6. Савельев И.В. Курс общей физики: [Учеб. пособие]: В 5 кн.- М.: Астрель: АСТ. Кн.2: Электричество и магнетизм. 2005- 336 с. ISBN 5-17-003760- 0.
7. Савельев И.В. Курс общей физики: [Учеб. пособие]: В 5 кн.- М.: Астрель: АСТ Кн.3: Молекулярная физика и термодинамика. 2005- 208 с. ISBN 5-17-004585-9.

8. Савельев И.В. Курс общей физики: [Учеб. пособие]: В 5 кн.- М.: Астрель: АСТ. Кн 4: Волны. Оптика. 2005- 256 с. ISBN 5-17-004586-7.
9. Савельев И.В. Курс общей физики: [Учеб. пособие]: В 5 кн..- М.: Астрель: АСТ Кн.5: Квантовая оптика. Атомная физика. Физика твердого тела. Физика атомного ядра и элементарных частиц.- 2003.- 368 с. ISBN 5-17-004587-5.
10. Сивухин Д.В. Общий курс физики: Учеб. пособие.- 4-е изд., стер..- М.: Физматлит; МФТИ. Т.1: Механика. 2002- 560 с. ISBN 5-9221-0225-7.
11. Сивухин Д.В. Общий курс физики: Учеб. пособие.- 4-е изд., стер..- М.: Физматлит; МФТИ. Т.2: Термодинамика и молекулярная физика. 2003- 575 с. ISBN 5-9221-0226-5.
12. Сивухин Д.В. Общий курс физики: Учеб. пособие:[В 5 т.].- 4-е изд., стер..- М.: Физматлит; МФТИ. Т.3: Электричество.- 2002.654 с. ISBN 5-9221-0227-3.
13. Сивухин Д.В. Общий курс физики: Учеб. пособие:[В 5 т.].- 3-е изд., стер..- М.: Физматлит; МФТИ. Т.4: Оптика. 2002-791 с. ISBN 5-9221-0228-1.
14. Сивухин Д.В. Общий курс физики: Учеб. пособие.- 2-е изд., стер..- М.: Физматлит; МФТИ. Т.5: Атомная и ядерная физика. 2002-782 с. ISBN 5-9221-0230-3.
15. Яворский Б.М. Основы физики/ Б.М. Яворский, А.А. Пинский.- 4-е изд., перераб..- М.: Физматлит. Т.1.: Механика. Молекулярная физика. Электродинамика. 2000- 624 с. ISBN 5-9221-0035-1.
16. Яворский Б.М. Основы физики: [Учеб.: В 2 т.]/ Б.М. Яворский, А.А. Пинский; Под ред. Ю.И. Дика.- 5-е изд., стер..- М.: ФИЗМАТЛИТ. Т.2: Колебания и волны. Квантовая физика. Физика ядра и элементар. частиц.- 2003. 551 с. ISBN 5-9221-0383-0.