

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Самарский государственный технический университет»  
(ФГБОУ ВО «СамГТУ»)

УТВЕРЖДАЮ  
Ректор ФГБОУ ВО «СамГТУ»,  
д.т.н., профессор

Д. Е. Бьков

«30» сентября 2020 г.



**ПРОГРАММА ВСТУПИТЕЛЬНОГО ЭКЗАМЕНА  
в аспирантуру СамГТУ**

по направлению подготовки **03.06.01 Физика и астрономия**

профили:

*Физика конденсированного состояния (01.04.07)*

*Теплофизика и теоретическая теплотехника (01.04.14)*

*Химическая физика, горение и взрыв, физика экстремальных состояний вещества (01.04.17)*

## 1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

К вступительным испытаниям по программам подготовки 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.

Программа вступительных испытаний по программам подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре по направлению 03.06.01 Физика и астрономия, профили: Физика конденсированного состояния, Теплофизика и теоретическая теплотехника, Химическая физика, горение и взрыв, физика экстремальных состояний вещества составлена на основании федеральных государственных образовательных стандартов по направлениям, соответствующим укрупненной группе направлений подготовки 03.00.00 Физика и астрономия, и, охватывает базовые дисциплины подготовки специалистов и магистров по данным направлениям.

## 2. ЦЕЛЬ ВСТУПИТЕЛЬНОГО ИСПЫТАНИЯ

Вступительные испытания призваны определить степень готовности поступающего к освоению основной образовательной программы аспирантуры по направлению 03.06.01 Физика и астрономия, профили подготовки Физика конденсированного состояния, Теплофизика и теоретическая теплотехника, 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 научно-педагогических кадров в аспирантуре результаты каждого вступительного испытания оцениваются **по пятибалльной шкале**.

Минимальное количество баллов для каждого направления подготовки, 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. ФИЗИКА КОНДЕНСИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ**

### **1.1. Диффузия в твердых телах**

Уравнение Фика. Основные решения уравнения Фика. Феноменологическая теория диффузии. Методы измерения коэффициентов диффузии. Атомные механизмы диффузии. Эффекты Френкеля и Киркендала. Реакционная диффузия.

### **1.2. Объединение атомов в твердое тело**

Взаимодействия ионов: ионная связь, константа Маделунга. Взаимодействия электронов: ковалентная связь. Сочетание ионного и электронного взаимодействия. Коллективное взаимодействие: металлическая связь. Водородная связь.

### **1.3. Отклик твердого тела на механическое воздействие**

Деформация и ее стадии. Упругость. Коэффициенты упругости. Тензоры напряжений и деформации. Пластическое течение. Дислокации и их движение. Двойникование. Разбиение на субзерна. Хрупкое и вязкое разрушение. Ползучесть. Усталость.

### **1.4. Упорядоченные и неупорядоченные твердые тела**

Особенности кристаллического строения. Поликристаллы, монокристаллы, нанокристаллы. Твердые растворы. Квазикристаллы. Структура аморфных тел. Полимеры. Жидкие кристаллы. Повышение и понижение степени порядка.

### **1.5. Рождение и исчезновение дефектов в кристаллических твердых телах**

Точечные дефекты: вакансии, межузельные атомы. Одномерные дефекты: рождение и исчезновение дислокаций. Двумерные дефекты: двойники, дислокационные границы. Объемные дефекты: трещины, поры. Влияние термического и механического воздействия на дефектность структуры.

### **1.6. Рентгеновское излучение твердых тел**

Основные свойства рентгеновского излучения. Установление типа структуры кристалла. Определение размеров зерен и их ориентации. Расчет напряжений на различных уровнях структуры. Возможности изучения квазикристаллов, аморфных тел и многослойных структур.

### **1.7. Формирование структур**

Структуры при необратимых процессах. Диссипативные структуры. Самоорганизация дефектных структур. Наноструктурированные материалы. Тонкие пленки, гетероструктуры, низкоразмерные системы.

### **Список рекомендуемой литературы**

1. Матухин, В.Л. Физика твердого тела [Электронный ресурс]: учебное пособие / В.Л. Матухин, В.Л. Ермаков. — Электрон. дан. — СПб. Лань, 2010. — 219 с.
2. Епифанов, Г.И. Физика твердого тела [Электронный ресурс]: учебное пособие. — Электрон. дан. — СПб.: Лань, 2011. — 288 с.

3. Федоров, Б.В. Элементы физики твердого тела [Электронный ресурс]: учебное пособие / Б.В. Федоров, Д.Ф. Нерадовский. — Электрон. дан. — Тюмень: ТюмГНГУ (Тюменский государственный нефтегазовый университет), 2012. — 235 с.
4. Федотов, А.К. Физическое материаловедение. В 3 ч. Ч. 1. Физика твердого тела [Электронный ресурс]: учебное пособие.— Минск: «Высшая школа», 2010. — 400 с.
5. Шевченко, О.Ю. Основы физики твердого тела [Электронный ресурс]:— Спб.: НИУ ИТМО (Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики), 2010. — 78 с.
6. Павлов П.В., Хохлов А.Ф. Физика твердого тела. М.: Высш. шк., 2000.
7. Чупрунов Е.В., Хохлов А.Ф., Фадеев М.А. Кристаллография. М.: Изд-во физ.-мат. литературы, 2000.
8. Епифанов Г.И. Физика твердого тела. М.: Высш. шк., 1997.
9. Фистуль В.И. Физика и химия твердого тела. М.: Metallurgia, 1995.
10. Китель Ч. Введение в физику твердого тела. М.: Наука, 1978.
11. Келли А., Гровс Г. Кристаллография и дефекты в кристаллах. М.: Мир, 1974.
12. Материаловедение. Под ред. Б.Н. Арзамасова, Г.Г. Мухина. М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2001.
13. Эбелинг В. Образование структур при необратимых процессах. Москва, Институт компьютерных исследований, 2004.
14. Головин Ю.И. Введение в нанотехнологию. Москва, Машиностроение-1, 2003.
15. Миронова Г.А. Конденсированное состояние вещества : от структурных единиц до живой материи. М.: Физический факультет МГУ, Т.1, 2004. Т.2, 2006.
16. Хохлов А.Р., Кучанов С.И. Лекции по физической химии полимеров. М.: Мир, 2000.
17. Рамбиди Н.Г. От молекул до наноансамблей. М.: ИД «Интеллект», 2009.
18. Брандт Н.Б., Кульбачинский В.А. Квазичастицы в физике конденсированного состояния . М: Физматлит, 2007.
19. Каганов М.И. Электроны, фононы, магноны. М.: Наука – Физматлит, 1979.
20. Квасников И.А. Введение в теорию электропроводности и сверхпроводимости. М.: УРСС, 2009.
21. Киржниц Д.А. На стыке ядерной и «твердотельной» физики. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1996. См. также Киржниц Д.А. Лекции по физике. М.: Физматлит, 2006.
22. Ципенюк Ю.М. Квантовая макро- и микрофизика. М.: Физматлит, 2006.
23. Имри Й. Введение в мезоскопическую физику. М.: Физматлит, 2002.
24. Датта С. Квантовый транспорт: от атома к транзистору. М.: ИКИ-РХД, 2009.
25. Жданов Г.С., Илюшин А.С., Никитина С.В. Дифракционный и резонансный структурный анализ . - М.: Наука, 1980, 256 с.
26. Томас Г., Гориндж М. Просвечивающая электронная микроскопия материалов. - М.: Наука. 1983.- 320 с.
27. Васильев Д.М. Дифракционные методы исследования структур. М.: Metallurgia 1977. 248 с.
28. Иверонова В.И., Ревкевич Г.П. Теория рассеяния рентгеновских лучей. - М.: Изд-во МГУ им. М.В.Ломоносова, 1978, 278 с.
29. Нозик Ю.З., Озеров Р.П., Хеннинг К. Структурная нейтронография. М.: Атомиздат, 1979. 344 с.
30. Орлов А.Н. Введение в теорию дефектов в кристаллах.М., ВШ.1983.

## **РАЗДЕЛ 2. ТЕПЛОФИЗИКА И ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ТЕПЛОТЕХНИКА**

### **2.1. Теплофизика технологических процессов нагрева и обработки металлов**

Основные уравнения механики сплошных сред. Уравнение баланса энергии, количества движения, неразрывности. Теплофизика технологических процессов нагрева металла в промышленных печах. Процессы нестационарной теплопроводности при нагреве теплотехнически-тонких и массивных тел внутренними и внешними источниками. Теплопроводность в подвижных средах. Дифференциальное уравнение конвективного теплообмена Фурье-Киргофа. Основные положения конвективного теплообмена. Конвективный теплообмен в однородной среде. Теплообменники. Динамика прямо- и противоточных процессов. Тепловое изучение. Свойства и основные положения. Теплофизика процессов обработки материала концентрированными источниками энергии. Математическое описание источников тепла: местный, сосредоточенный, мгновенный, распределительный. Стационарные и нестационарные тепловые поля, возбуждаемые концентрированными источниками тепла. Температурные поля от подвижных источников тепла.

### **2.2. Методы математического моделирования задач технологической теплофизики**

Методы решения краевых задач математической физики. Метод Фурье. Формальное решение краевых задач теории теплопроводности. Метод источников (функция Грина). Методы интегральных преобразований в бесконечных пределах. Асимптотические методы теории возмущений.

### **2.3. Численные методы решения задач теплофизики**

Аппроксимация функций. Численное интегрирование и численное дифференцирование. Численное решение систем уравнений. Методы решения линейных систем уравнений. Решение уравнений с одним неизвестным. Системы нелинейных уравнений. Численные методы поиска минимума. Численные методы решения обыкновенных дифференциальных уравнений. Численные методы решения краевых задач. Разносная аппроксимация дифференциальных операторов. Порядок аппроксимации. Устойчивость разностных схем. Сходимость разностных схем. Численные методы решения параболических уравнений. Численные методы решения уравнений переноса. Численные методы решения эллиптических уравнений.

### **2.4. Приближенные аналитические методы решения задач теплопроводности, теплопереноса и термоупругости**

Совместное использование интегральных преобразований Лапласа и вариационных методов. Совместное использование методов Фурье и Бубнова-Галеркина. Ортогональный метод Л.В. Канторовича. Приближенные аналитические решения теплопроводности для многослойных конструкций. Методы построения координатных систем в задачах теплопроводности для многослойных тел. Нелинейные задачи теплопроводности для многослойных конструкций. Задачи теплопроводности для многослойных конструкций с переменными во времени коэффициентами теплоотдачи.

### **2.5. Техническая термодинамика**

Краткие исторические сведения о развитии термодинамики. Вклад русских ученых в развитие термодинамики. Термодинамика, как наука о формах обмена энергией. Феноменологический характер термодинамики и метод ее построения на трех законах.

Основные термодинамические понятия. Термодинамические системы, окружающая среда, взаимодействие между ними. Равновесное состояние. Параметры (функции) состояния. Внутренняя энергия. Термодинамический процесс. Равновесные и неравновесные процессы.

Первый закон т/д как форма закона сохранения и превращения энергии. Виды энергии и

формы обмена энергией. Механическая работа и другие виды работ. Теплота как форма обмена энергией. Выражение количества работ и теплоты в равновесных процессах через параметры системы и их изменении в бесконечно малых и конечных процессах. Работа и теплота как функции процессов. Понятие о термодинамических координатах и потенциалах взаимодействия. Энтропия как термическая координата состояния. Основное термодинамическое равенство для равновесных процессов. Уравнение первого закона т/д для проточной системы. Энтальпия, работа проталкивания, техническая работа, располагающая работа.

Уравнения состояния т/д систем. Термические и калорические уравнения состояния. Общие свойства уравнений состояния. Термические коэффициенты: изотермической сжимаемости, термической упругости, термического расширения. Условия механической стабильности. Понятие о термодинамической поверхности и линиях т/д процессов. Уравнения Клапейрона-Менделеева и Ван-дер-Ваальса как примеры уравнений состояния.

Понятие о теплоемкости. Зависимость теплоемкости от характера т/д процесса. Выражение изохорной и изобарной теплоемкостей через производные от энергии и энтальпии по температуре. Мольная, массовая и объемная удельные теплоемкости. Зависимость теплоемкости идеальных газов от температуры. Истинная и средняя теплоемкости. Теплоемкость смеси идеальных газов.

Второй закон термодинамики. Т/д обратимость и необратимость. Изменение энтропии в необратимых процессах. Т/д неравенство. Условия взаимного превращения теплоты и работы в обратных т/д циклах. Термический коэффициент прямого цикла и холодильный коэффициент обратного цикла. Цикл и теорема Карно. Формулировка 2 закона т/д. Т/д шкала температур. Понятие о вероятности т/д состояния и связь вероятности состояния с энтропией.

Влияние необратимости на эффективность термодинамических циклов. Характеристические т/д функции. Понятие о характеристических т/д функциях. Характеристические функции как т/д потенциалы. Внутренняя энергия, энтальпия, изохорно-изотермический потенциал, изобарно-изотермический потенциал как характеристические функции. Возможность выражения термических и калорических свойств системы через характеристические функции. Уравнения Гиббса-Гельмгольца. Соотношение Максвелла.

Дифференциальные соотношения термодинамики в частных производных. Дифференциальные выражения для внутренней энергии, энтальпия и энтропия через температуру, объем и давление как независимые переменные. Понятие о вычислении значений т/д функций идеального газа и реальных веществ. Внутренняя энергия, энтальпия и энтропия идеального газа. Дифференциальные соотношения для теплоемкостей. Связь между изобарной и изохорной теплоемкостями. Зависимость изобарной теплоемкости от давления и изохорной теплоемкости от объема. Использование данных о теплоемкостях для установления эмпирических уравнений состояния.

Т/д равновесие. Сложные т/д системы с фазовой и химической неоднородностью. Основные уравнения т/д для сложной системы. Химический потенциал. Условия равновесия сложной системы при различных сопряжениях с окружающей средой. Принцип минимальности характеристических функций. Связь принципа минимальности с принципом возрастания энтропии в неравновесных процессах.

Т/д свойства чистых веществ. Качественные отличия свойств реальных газов от идеальных. Критическое т/д состояние. Уравнение Ван-дер-Ваальса.

Т/д свойства веществ на линии фазовых переходов. Т/д свойства перегретого пара и влажного пара. Форма пограничных кривых. Понятие о методах расчета энтропии, энтальпии и внутренней энергии реальных веществ с использованием данных о термических свойствах. Т/д диаграммы состояния объем-давление, объем-температура, энтропия-энтальпия, давление-энтальпия.

Основные т/д процессы. Объем расчета термодинамического процесса. Процессы: изохорный, изотермический, адиабатный, политропный. Определение параметров состояния, изменения т/д функций в процессе, количество теплоты, работы, располагаемой работы в

случае идеального газа и реальных веществ.

Использование диаграмм для расчета процессов. Процессы смешения газов в потоке и в объеме.

Дросселирование. Описание процесса. Эффект Джоуля-Томсона. Дифференциальный и интегральный дроссель-эффекты. Точки и кривая инверсии.

Т/д анализ работы компрессоров. Идеальный и реальный поршневой компрессоры. Работа привода компрессора. Многоступенчатые компрессоры. Выбор степени повышения давления в ступени. Изображение рабочих процессов компрессора в энтропийных диаграммах. Понятие о работе центробежных и осевых компрессоров. Влияние трения на показатели работы компрессора.

Силовые т/д циклы. Циклы двигателей внутреннего сгорания. Влияние параметров циклов на их термический КПД. Циклы газотурбинных установок и реактивных двигателей. Регенеративные циклы. Паросиловой цикл Ренкина. Влияние давления и перегрева пара на термический КПД. Понятие о цикле МГД установки.

Холодильные (обратные) циклы. Циклы холодильной машины и теплового насоса. Показатели эффективности обратных циклов. Циклы воздушных и парокомпрессорных холодильных установок. Понятие о методах получения сжиженных газов.

Влажный воздух. Характеристики состояния влажного воздуха. Абсолютная и относительная влажность. Диаграмма состояний влажного воздуха. Подсчет параметров состояния влажного воздуха. Процессы нагревания, охлаждения, увлажнения и осушки.

## **2.6. Теория тепло- и массообмена**

Предмет теории теплообмена. Области практических приложений. Роль отечественных и зарубежных ученых в развитии учения о теплообмене. Три элементарных вида Переноса тепла и их механизм.

Основные положения учения о теплопроводности. Методы изучения физических явлений. Гипотеза Фурье. Коэффициент теплопроводности. Дифференциальное уравнение теплопроводности. Условия однозначности для процессов теплопроводности.

Теплопроводность при стационарном режиме.

Передача тепла через плоскую стенку при граничных условиях 1, 2 и 3 рода.

Передача тепла через цилиндрическую стенку при граничных условиях 1, 2 и 3 рода. Критический диаметр цилиндрической стенки. Передача тепла через шаровую стенку. Обобщенный метод решения задач теплопроводности в плоской, цилиндрической и шаровой стенках. Теплопроводность в стержне постоянного поперечного сечения. Теплопередача через ребристую плоскую стенку. Теплопроводность плоской полуограниченной пластины. Теплопроводность пористой охлаждаемой пластины. Теплопроводность при наличии внутренних источников тепла.

Нестационарные процессы теплопроводности. Нестационарная теплопроводность неограниченной пластины. Определение количества тепла, отданного пластиной в процессе охлаждения. Нестационарная теплопроводность бесконечно длинного цилиндра. Определение количества тепла, отданного цилиндром в процессе охлаждения. Охлаждение шара. Охлаждение (нагревание) тел конечных размеров. Регулярный режим охлаждения (нагрева) тел. Приближенные методы решения задач теплопроводности. Исследование процессов теплопроводности методом аналогий.

## **2.7. Конвективный теплообмен в однородной среде**

Дифференциальные уравнения конвективного теплообмена и массообмена и условия однозначности. Система уравнений гидродинамического, теплового и диффузионного пограничного слоя. Турбулентный перенос количества движения, тепла и массы.

Теория подобия и метод анализа размерностей в теплопередаче. Вывод критериев подобия и критериальных уравнений теплообмена. Условия подобия физических процессов. Метод

анализа размерностей.

Теплообмен при свободной конвекции. Теплоотдача при свободном ламинарном движении вдоль вертикальной пластины. Теплоотдача при турбулентном движении. Теплоотдача при свободном движении около горизонтальной трубы. Теплообмен при свободном движении жидкости в ограниченном пространстве.

Теплоотдача при вынужденном ламинарном течении жидкости. Ламинарное течение жидкости в трубе. Теплоотдача плоской пластины при постоянной температуре поверхности. Учет переменности физических параметров.

Теплоотдача при вынужденном турбулентном течении жидкости. Переход ламинарного течения в турбулентное. Полуэмпирические теории турбулентности. Интегральное уравнение теплоотдачи для стабилизированного течения жидкости в трубе. Законы теплообмена для турбулентного пограничного слоя.

Теплообмен излучением. Основные законы теплового излучения. Закон Планка. Закон Стефана - Больцмана. Закон Киргофа. Закон Ламберга. Лучистый теплообмен, между телами. Теплообмен излучением между телами, произвольно расположенными в пространстве. Угловые коэффициенты излучения. Теплообмен в поглощающих и излучающих средах. Оптическая толщина среды и режимы излучения. Особенности излучения газов и паров. Лучистый теплообмен между газовой средой и оболочкой. Сложный теплообмен. Критерии радиационного подобия.

Теплообменные аппараты. Тепловой расчет рекуперативных теплообменных аппаратов. Средняя разность температур и методы ее вычисления. Расчет конечных температур и методы ее вычисления. Расчет конечных температур рабочих жидкостей. Тепловой расчет регенеративных теплообменных аппаратов.

### Список рекомендуемой литературы

1. Кириллин В.А., Сычев В.В., Шейндлин А.Е. Техническая термодинамика. - М.: Энергия, 1974.
2. Техническая термодинамика. / Под ред. В. И. Крутова - М.: Высш. Школа, 1971.
3. Вукалович М.П., Новиков И.И. Техническая термодинамика. - М.: Энергия, 1968.
4. Исаев С.И. Курс химической термодинамики. - М.: Машиностроение, 1975.
5. Лыков А.В. Теория теплопроводности. - М.: Высшая школа, 1967.-559 с.
6. Исаченков В.П., Осипова В.А., Сукомел А.С. Теплопередача. - М.: Энергия, 1975.
7. Коздоба О.А. Вычислительная теплофизика. - Киев: Наук, думка, 1992. 224 с.
8. Кудинов В.А. и др. Теплообмен и тепловое воспламенение в многослойных конструкциях. - Самара, СамГТУ, 1996. - 280 с.
9. Седов Л.И. Механика сплошных сред. М.: «Наука», 1965, 328 с.
10. Лыков А.В. Теория теплопроводности. М.: «Высшая школа», 1967,599 с.
11. Эккерт Э.Р., Дрейк Р.М. Теория тепло- и массообмена. М: Госэнергоиздат, 1961, 680 с.
12. Рыкалин Н.Н. Тепловые расчеты при сварке. М: Машгиз, 1961,447 с.
13. Владимиров В.С. Уравнения математической физики. М.: Наука, 1981, 512 с.
14. Беляев А.Б., Рядно В.Г. Методы нестационарной теплопроводности, Минск, Высшая школа, 1979, 287 с.
15. Найфе А.Х. Методы возмущений. М.: Мир, 1976, 455 с.
16. Самарский А.А. Теория разностных схем. М.: Наука, 1977, 656с.
17. Калиткин Н.Н. Численные методы. М.: Наука, 1978, 512 с.
18. Бутковский А.Г. Теория оптимального управления системами с распределенными параметрами. М.: Наука, 1965, 291 с.
19. Егоров А.И. Оптимальное управление тепловыми и диффузионными процессами. М.: Наука, 1977, 484 с.
20. Сиразетдинов Т. К. Оптимизация систем с распределенными параметрами. М.: Наука, 1977, 480 с.

21. Цой П. В. Методы расчета задач тепломассопереноса. М.: Энергоатомиздат, 1984, 423 с.
22. Карташов Э. М. Аналитические методы в теплопроводности твердых тел. М.: Высшая школа, 1985, 480 с.
23. Кудинов В. А., Карташов Э. М. Техническая термодинамика. М.: Высшая школа. 2000, 262 с.
24. Кудинов В. А., Калашников В. В. И др. Тепломассоперенос и термоупругость в многослойных конструкциях. М.: Энергоатомиздат. 1997. 430 с.

## **РАЗДЕЛ 3. ХИМИЧЕСКАЯ ФИЗИКА, ГОРЕНИЕ И ВЗРЫВ, ФИЗИКА ЭКСТРЕМАЛЬНЫХ СОСТОЯНИЙ ВЕЩЕСТВА**

### **3.1. 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.

### **3.2. 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.

### **3.3. 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.

### **3.4. 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.

### **3.5. 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.

### **3.6. 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.

### **3.7. 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.

### **3.8. 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.

### **3.9. 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.

### **3.10. 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.

### **3.11. 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.

### **3.12. 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.

### **3.13. 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.

### **3.14. 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.

### **3.15. 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.

### **3.16. 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.

### **3.17. 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.

### **3.18. 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.

### **3.19. 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.

### **3.20. 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.

### **3.21. 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.

### **3.22. 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.

### **3.23. Атомное ядро**

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

### **3.24. Элементы квантовой статистики**

Статистическое описание квантовой системы, различие между квантомеханической и статистической вероятностями. Симметрия волновой 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.

### **3.25. 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.

### **3.26. 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.

### **3.27. 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.

### 3.28. 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. – Сама-ра, 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.