

**Федеральное государственное бюджетное учреждение науки  
Федеральный исследовательский центр проблем химической физики и  
медицинской химии Российской академии наук (ФИЦ ПХФ и МХ РАН)**

«Утверждаю»  
и.о. директора ФИЦ ПХФ и МХ РАН  
чл.-корр. РАН И.В. Ломоносов



2022 г.

## **ПРОГРАММА ВСТУПИТЕЛЬНОГО ЭКЗАМЕНА**

**(для осуществления приема на обучение  
по образовательным программам высшего образования –  
программам подготовки научных и научно-педагогических  
кадров в аспирантуре)**

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

Черноголовка 2022 г.

## I. ОПИСАНИЕ ПРОГРАММЫ

Настоящая программа вступительного экзамена в аспирантуру по специальности 1.3.17. Химическая физика, горение и взрыв, физика экстремальных состояний вещества (по химическим и физико-математическим наукам) предназначена для осуществления приема на обучение по образовательным программам высшего образования – программам подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре и содержит основные темы и вопросы к экзамену, список основной и дополнительной литературы и критерии оценивания.

## II. ОСНОВНЫЕ РАЗДЕЛЫ И ВОПРОСЫ К ЭКЗАМЕНУ

### Механика

1. Кинематика. Механическое движение. Система отсчета. Траектория, длина пути и вектор перемещения точки. Скорость. Ускорение. Поступательное и вращательное движение твердого тела.
2. Законы Ньютона. Первый закон Ньютона. Сила, масса, импульс (количество движения). Второй закон Ньютона. Третий закон Ньютона. Движение центра инерции, движение тела переменной массы. Закон сохранения импульса. Преобразование Галилея. Механический принцип относительности.
3. Работа и механическая энергия. Энергия, работа и мощность, кинетическая энергия, поступательная энергия. Закон сохранения механической энергии. Абсолютно упругий и неупругий удары. Динамика вращательного движения. Момент силы и момент импульса. Момент энергии. Основной закон динамики вращательного движения. Закон сохранения момента импульса.

### Электродинамика (электричество)

1. Электрические заряды. Закон Кулона. Электрическое поле. Напряженность электрического поля. Теорема Гаусса. Потенциал электростатического поля. Связь между потенциалом и напряженностью электростатического поля. Проводники в электростатическом поле.
2. Диэлектрики в электростатическом поле. Поляризация диэлектрика. Электрическая индукция. Диэлектрическая постоянная. Емкость конденсатора. Условия на границе раздела двух диэлектриков.
3. Наведенный заряд. Электрическая емкость проводников. Энергия заряженного проводника.
4. Постоянный электрический ток. Сила и плотность тока. Основы классической электронной теории. Электропроводность металлов. Законы постоянного тока. Законы Ома и Джоуля-Ленца. Правило Кирхгофа.
5. Электрический ток в жидкостях и газах. Закон Электролиза Фарадея. Электролитическая диссоциация. Атомность электрических зарядов. Электролитическая проводимость жидкостей (Закон Ома для электролитов). Электропроводность газов. Типы газовых разрядов. Плазма.
6. Магнитное поле постоянного тока. Закон Ампера. Закон Био-Савара-Лапласа. Действие магнитного поля на ток, на проводники с токами. Закон полного тока. Магнитные цепи. Работа по перемещению проводника с током в магнитном поле.
7. Движение заряженных частиц в электрическом и магнитном полях. Сила Лоренца. Явление Холла. Удельный заряд частиц. Масс-спектрометрия. Ускорители заряженных частиц. Электронный микроскоп. Электронно-лучевые приборы.
8. Электромагнитная индукция. Основной закон электромагнитной индукции. Явление самоиндукции. Взаимная индукция. Энергия магнитного поля электрического тока. Действие электромагнитного поля на элементарный заряд. Ларморовская прецессия.
9. Взаимосвязь электрического и магнитного полей. Основы теории Максвелла. Первое уравнение Максвелла. Ток смещения. Второе уравнение Максвелла. Полная система уравнений Максвелла для электромагнитного поля. Токи Фуко. Скин – эффект. Диамагнетики. Парамагнетики. Ферромагнетики.



## Молекулярная физика и термодинамика

1. Статистическая физика и термодинамика. Масса и размеры молекул. Состояние термодинамической системы. Внутренняя энергия термодинамической системы. Первое начало термодинамики. Работа, совершаемая телом при изменениях объема. Температура. Уравнение состояния идеального газа. Внутренняя энергия и теплоемкость идеального газа. Уравнение адиабаты идеального газа. Работа, совершаемая идеальным газом при различных процессах. Ван-дер-Ваальсовский газ. Барометрическая формула. Характер теплового движения молекул. Число ударов о стенку, давление газа на стенку. Средняя энергия молекул. Распределение Максвелла. Распределение Больцмана. Флуктуации. Энтропия.
2. Основные законы термодинамики. Цикл Карно. Термодинамическая шкала температур. Некоторые применения энтропии. Термодинамические потенциалы.
3. Кристаллическое состояние. Классификация кристаллов, физические типы кристаллических решеток, дефекты в кристаллах, теплоемкость кристаллов.
4. Жидкое состояние. Строение жидкостей. Поверхностное натяжение. Явление на границе жидкости и твердого тела. Капиллярные явления.
5. Фазовые равновесия и превращения.
6. Испарение и конденсация, равновесие жидкости и насыщенного пара. Критическое состояние. Пересыщенный пар и перегретая жидкость. Плавление и кристаллизация. Уравнение Клайперона-Клазиуса. Тройная точка. Диаграмма состояния.
7. Физическая кинетика.
8. Явление переноса. Средняя длина свободного пробега. Диффузия в газах. Теплопроводность, вязкость газов. Ультразвученные газы. Эффузия.

## Волны. Оптика

1. Упругие волны. Распространение волн в упругой среде. Уравнение плоской и сферической волн. Волновое уравнение. Скорость упругих волн в твердой среде. Энергия упругой волны. Стоячие волны. Колебания струны. Звук, скорость звука в газах. Эффект Доплера для звуковых волн.
2. Электромагнитные волны. Волновое уравнение электромагнитного поля. Плоская электромагнитная волна. Энергия электромагнитных волн. Импульс электромагнитного поля. Излучение диполя.
3. Световые волны. Отражение и преломление световой волны на границе двух диэлектриков. Световой поток. Геометрическая оптика. Тонкая линза. Принцип Гюйгенса. Интерференция световых волн. Когерентность. Интерферометр Майкельсона. Многолучевая интерференция.
4. Дифракция света. Принцип Гюйгенса-Френеля. Закон Френеля. Дифракционная решетка. Дифракция рентгеновских лучей. Разрешающая сила объектива. Голография. Поляризация света. Естественный и поляризованный свет. Поляризация при отражении и преломлении. Вращение плоскости поляризации. Прохождение плоскополяризованного света через кристаллическую пластину.
5. Дисперсия света. Групповая скорость. Элементарная теория дисперсии. Поглощение света. Эффект Вавилова-Черенкова. Скорость света. Опыт Майкельсона. Эффект Доплера.

## Квантовая оптика

1. Тепловое излучение и люминисценция. Закон Кирхгофа. Равновесная плотность энергии излучения. Закон Стефана Больцмана и закон Вина. Стоячие волны в пространстве трех измерений. Формула Планка. Тормозное рентгеновское излучение. Фотоэффект. Опыт Боте. Фотоны. Эффект Комптона.

## Атомная физика

1. Закономерности в атомных спектрах. Модель атома Томпсона. Опыты по рассеянию альфа-частиц. Ядерная модель атома. Постулаты Бора. Опыты Франка и Герца. Правило квантования круговых орбит. Элементарная боровская теория водородного атома.



### Элементы квантовой механики

1. Гипотеза де Бройля. Волновые свойства вещества. Необычные свойства микрочастиц. Принцип неопределенности. Уравнение Шредингера. Смысл пси-функции. Квантование энергии, момента импульса. Принцип суперпозиции. Прохождение частиц через потенциальный барьер. Гармонический осциллятор.

### Физика атомов и молекул

1. Атом водорода. Спектры щелочных металлов. Ширина спектральных линий. Мультиплетность спектров и спин электрона. Результирующий механический момент многоэлектронного атома. Магнитный момент атома. Ядерный магнитный резонанс. Эффект Зеемана. Электронный парамагнитный резонанс. Принцип Паули. Распределение электронов по энергетическим уровням атома. Периодическая система элементов Менделеева. Рентгеновские спектры. Энергия молекулы. Молекулярные спектры. Комбинационное рассеяние света. Вынужденное излучение. Лазеры. Нелинейная оптика.

### Физика твердого тела

1. Основные сведения о строении твердых тел. Кристаллическая решетка. Индексы Миллера. Тепловое расширение твердых тел. Теплоемкость кристаллов. Теория Эйнштейна. Краткие сведения об упругих свойствах твердых тел. Колебания систем с большим числом степеней свободы. Теория Дебая. Фононы. Эффект Мессбауэра. Основные понятия о фазовых превращениях твердых тел. Понятие о квантовых статистиках. Распределение Ферми-Дирака и Бозе-Эйнштейна. Фотонный и фононный газы. Сверхтекучесть. Понятие о квантовой теории электропроводности металлов. Теория свободных электронов в металле. Электронный газ. Энергетические зоны в кристаллах. Динамика электронов в кристаллической решетке. Электропроводность металлов. Сверхпроводимость. Электропроводность полупроводников. Понятие о контактных электрических явлениях в металлах и полупроводниках.

### Физика атомного ядра и элементарных частиц

1. Атомное ядро. Состав и характеристики атомного ядра. Масса и энергия связи ядра. Модели атомного ядра. Ядерные силы. Радиоактивность. Ядерные реакции. Деление ядер. Термоядерные реакции. Виды взаимодействий и классы элементарных частиц. Космические лучи. Частицы и античастицы. Нейтрино. Систематика элементарных частиц. Кварки. Великое объединение.

### III. ПРИМЕР ЭКЗАМЕНАЦИОННОГО БИЛЕТА

**Вопрос 1.** Первый закон Ньютона. Сила, масса, импульс (количество движения). Второй закон Ньютона. Третий закон Ньютона.

**Вопрос 2.** Электрические заряды. Закон Кулона. Электрическое поле. Напряженность электрического поля.

**Вопрос 3.** Кристаллическое состояние. Классификация кристаллов, физические типы кристаллических решеток, дефекты в кристаллах, теплоемкость кристаллов.

### IV. ЛИТЕРАТУРА

#### Основная литература

1. Савельев И.В. Курс общей физики. Книги 1-5. М.: Наука. Физматлит, 1998 г. (Издание 4-ое переработанное). с.5-206.
2. Зисман Г.А., Тодес О.М. Курс общей физики. М.: Наука, 1974. т.1,2,3.
3. Папалекси Н.Д. Курс физики, т. 1,2,3. М.—Л.: Гостехиздат, 1948.
4. Яворский Б.М., Детлаф А.А. Справочник по физике. М.: Наука, 1981.
5. Онищук А.А. Химическая термодинамика (в 3-х частях). Учебное пособие, Новосибирск: НГУ, 2015.
6. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Квантовая механика. Нерелятивистская теория. М.: Физматлит, 2004.



### Дополнительная литература

1. Иоффе А.Ф., Семенов Н.Н. Курс физики. Ч.1. Основные понятия из области механики. Л-М.: ГТТИ, 1933.
2. Серия Берклевский курс физики.
  - т.1. Киттель Ч., Найт У., Рудерман М. Механика, 1975.
  - т.2. Парселл Э. Электричество и магнетизм, 1975. 440с.
  - т.3. Крауфорд Ф. Волны, 1976.
  - т.4. Вихман Э. Квантовая физика, 1977.
3. Фейнман Р., Лейтон Р., Сендс М. Фейнмановские лекции по физике. Т.1, вып 2-4; Т.2 вып. 5,6; Т. 3 вып. 8,9., 1965.
4. Грибов Л.А., Прокофьева Н.И. Основы физики. М.: Наука, 1995 г.
5. Стрелков С.П. Механика. М.: Наука, 1975 г.
6. Киттель Ч. Введение в физику твердого тела. М.: Наука, 1978 г.

### V. КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ

Уровень знаний поступающих в аспирантуру ФИЦ ПХФ и МХ РАН оценивается по пятибалльной шкале (5 - отлично, 4- хорошо, 3 - удовлетворительно, 2 – неудовлетворительно, 1 - неудовлетворительно). Вступительное испытание считается пройденным, если абитуриент получил три балла и выше. При отсутствии поступающего на вступительном экзамене в качестве оценки проставляется неявка. Результаты сдачи вступительных экзаменов сообщаются поступающим в день экзамена путем их размещения на сайте.

#### Критерии и показатели оценивания ответа на вступительном экзамене по специальности поступающих в аспирантуру ФИЦ ПХФ и МХ РАН

Вступительный экзамен по специальности в аспирантуру Центра проводится в устной форме по экзаменационным билетам и состоит из трех вопросов.

Уровень	Балл	Показатели оценивания ответа
Минимальный уровень знаний	1	Отсутствуют ответы на теоретические вопросы.
Низкий уровень знаний	2	Отсутствует ответ на один из заданных теоретических вопросов, фрагментарный ответ на заданные теоретические вопросы.
Средний уровень знаний	3	Неполные ответы на заданные теоретические вопросы.
Достаточный уровень знаний	4	Полные ответы на заданные теоретические вопросы.
Высокий уровень знаний	5	Исчерпывающие ответы на все заданные вопросы, свободное владение материалом.

### VI. АВТОРЫ

1. чл.-корр. РАН В.Б. Минцев
2. д.ф.-м.н., проф. С.В. Разоренов
3. к.ф.-м.н. А.В. Уткин
4. зам.директора ФИЦ ПХФ и МХ РАН к.х.н. А.В. Казакова