



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение

Уфимский федеральный исследовательский центр Российской академии наук

Институт физики молекул и кристаллов – обособленное структурное подразделение Федерального государственного бюджетного научного учреждения Уфимского федерального исследовательского центра Российской академии наук

УТВЕРЖДАЮ

И.о. заместителя / руководителя УФИЦ
РАН по научно-организационной работе
И.Ф. Шаяхметов
«12» _____ 2023 г.

ПРОГРАММА

вступительных испытаний по специальной дисциплине при приеме на обучение по программам аспирантуры – программам подготовки научных кадров в аспирантуре по научной специальности 1.3.8 – Физика конденсированного состояния

Программа вступительных испытаний
одобрена на заседании Ученого совета ИФМК
от «14» апреля 2023 г. Протокол № 2

Уфа 2023

Общие указания

Программа вступительного экзамена в аспирантуру по специальности 1.3.8. Физика конденсированного состояния предназначена для лиц, желающих проходить обучение в Федеральном государственном бюджетном научном учреждении Уфимском федеральном исследовательском центре Российской академии наук.

В программе описываются порядок проведения вступительного испытания, критерии оценивания, приведен список вопросов программы.

Порядок проведения вступительных испытаний

Вступительное испытание проводится в форме экзамена на основе билетов. В каждом экзаменационном билете по 2 вопроса. Экзамен проходит в устной форме. Подготовка к ответу составляет 1 академический час (45 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 выставляется в соответствии со следующими критериями.

Отлично (80-100 баллов)

Поступающий в аспирантуру уверенно владеет материалом, приводит точные формулировки теорем и других утверждений, сопровождает их строгими и полными доказательствами, уверенно отвечает на дополнительные вопросы программы вступительного испытания.

Хорошо (60-79 баллов)

Поступающий в аспирантуру владеет материалом, приводит точные формулировки теорем и других утверждений, сопровождает их доказательствами, в которых допускает отдельные неточности. Отвечает на большинство дополнительных вопросов по программе вступительного испытания.

Удовлетворительно (20-59 баллов)

Поступающий в аспирантуру знаком с основным материалом программы, приводит формулировки теорем и других утверждений, но допускает некоторые неточности, сопровождает их доказательствами, в которых допускает погрешности, или описывает основную схему доказательств без указания деталей. Отвечает на дополнительные вопросы по программе вступительного испытания, допуская отдельные неточности.

Неудовлетворительно (менее 20 баллов)

Поступающий в аспирантуру не владеет основным материалом программы, не знаком с основными понятиями, не способен приводить формулировки теорем и других утверждений, не умеет доказывать теоремы и другие утверждения, не знает даже схемы доказательств. Не отвечает на большинство дополнительных вопросов по программе вступительного испытания.

Список примерных экзаменационных вопросов

I. ОСНОВЫ МЕХАНИКИ

1. Основы динамики материальной точки. Инерциальные системы. Принцип относительности. Законы Ньютона. Движение тел переменной массы. Уравнение Мещерского. Идеи Циолковского о реактивном движении. Ступенчатая ракета.

2. Релятивистское уравнение движения. Релятивистская масса.

3. Основы кинематики и динамики твердого тела. Твердое тело как система материальных точек. Центр масс. Поступательное и вращательное движение твердого тела. Гироскоп.

4. Сила тяготения. Закон всемирного тяготения. Поле тяготения и потенциал тяготения. Законы Кеплера. Первая и вторая космические скорости. Масса инертная и масса тяготения. Принцип эквивалентности сил инерции и сил тяготения.

5. Работа силы. Энергия. Потенциальная и кинетическая энергия. Равновесие и потенциальная энергия системы.

6. Законы сохранения в механике: импульса, момента импульса, энергии.

7. Колебания. Гармонические колебания. Собственные колебания. Затухающие колебания. Резонанс. Сложение колебаний. Биение. Эффект Доплера.

8. Волны. Продольные и поперечные колебания. Плоские и сферические волны. Упругие свойства среды и скорость распространения волны. Стоячие волны.

9. Основные понятия и модели сплошной среды. Гидродинамика. Уравнение непрерывности. Законы изменения плотности импульса и плотности энергии. Уравнение гидродинамики неидеальной жидкости. Интеграл Бернулли. Потенциальное течение. Уравнение Навье-Стокса. Число Рейнольдса. Течение Пуазейля. Методы определения вязкости. Ламинарное и турбулентное течения. Звуковые волны. Волновое уравнение. Явление

Допплера. Ультразвук (получение и применение). Ударные волны в идеальном газе.

10. Упругие тела. Связь между деформациями и напряжениями. Упругие константы изотропных тел. Энергия упругой деформации. Упругие свойства реальных тел (предел прочности, пластические деформации). Продольные колебания стержня. Бегущие и стоячие волны.

II. МОЛЕКУЛЯРНОЙ ФИЗИКИ И ТЕРМОДИНАМИКИ

1. Идеальный газ. Основное уравнение кинетической теории газов (газовое уравнение Клазиуса). Закон Дальтона. Уравнение Больцмана. Молекулярно-кинетическое понимание абсолютной температуры. Реальные газы.

2. Термодинамические системы, состояние термодинамического равновесия. Квазистатические (обратимые) и нестатические (необратимые) процессы. Внутренняя энергия, количество теплоты и работа. Уравнение состояния. Первое начало термодинамики. Теплоемкости. Основные термодинамические процессы и их уравнения. Второе начало термодинамики для квазистатических процессов. Энтропия и абсолютная температура. Второе начало для неравновесных процессов. Закон возрастания энтропии. Теорема Карно. Тепловые двигатели. Третье начало термодинамики и его свойства. Недостижимость абсолютного нуля температуры. Теплоемкость вблизи абсолютного нуля.

3. Основные термодинамические потенциалы и выражения для дифференциалов. Третий закон термодинамики.

4. Термодинамика газов. Термодинамика магнетиков и диэлектриков. Методы охлаждения веществ. Эффект Джоуля-Томсона. Охлаждение методом обратимого расширения. Термодинамика излучения. Давление излучения. Закон Кирхгофа. Закон Стефана-Больцмана. Условие разреженности и условие ионизации плазмы. Условие устойчивости плазмы и идеального газа.

5. Условия равновесия и устойчивости термодинамических систем. Фазы и компоненты. Кривые равновесия фаз. Фазовые переходы первого рода и уравнение Клапейрона-Клаузиуса. Фазовые переходы второго рода и переходы лямбда-типа. Границы применимости термодинамики.

6. Микроскопическое и макроскопическое описание системы. Постановка проблемы многих тел в статической механике. Фазовое пространство и уравнение Лиувилля. Квантовое описание состояния системы.

7. Микроканоническое распределение. Статистический вес и энтропия. Каноническое распределение Гиббса. Сумма состояний и свободная энергия.

8. Распределение молекул по скоростям. Идеальный одноатомный газ в поле внешних сил. Распределение Максвелла-Больцмана. Теорема о равномерном распределении средней кинетической энергии по степеням свободы. Классическая теория теплоемкости твердого тела. Применение классической теории к равновесному излучению.

9. Квазитермодинамическая теория флуктуации. Флуктуации основных термодинамических величин.

10. Физические характеристики броуновского движения частиц. Формула Эйнштейна. Стохастические марковские процессы. Уравнение Эйнштейна - Фоккера - Планка и его простейшие применения. Спектральные представления и временные корреляции случайных процессов. Тепловые шумы и формула Найквиста.

11. Твердое тело. Кристаллическая решетка. Элементы симметрии. Молекулярные, металлические и ионные кристаллы. Дифракция рентгеновских лучей на пространственной решетке. Методы рентгеновского структурного анализа. Примеры анизотропии физических свойств кристаллов.

12. Основы термодинамики необратимых процессов. Соотношения Онсагера. Кинетические уравнения в статистической механике. Уравнения Боголюбова для классических функций распределения.

III. ЭЛЕКТРОДИНАМИКА

1. Классическая электродинамика и границы ее применимости. Уравнения Максвелла как результат обобщения опытных фактов. Токи смещения и закон сохранения заряда. Уравнения Максвелла для полей зарядов и токов в вакууме.

2. Энергия электромагнитного поля. Закон сохранения энергии в электродинамике (вектор и теорема Пойтинга). Силы, действующие на заряды и токи.

3. Теория относительности. Основные опытные факты, лежащие в основе теории относительности. Опыт Майкельсона. Принцип относительности и принцип независимости скорости света от движения источника. Преобразования скорости. Предельность скорости света. Объяснения опыта Физо. Аберрация и эффект Доплера.

4. Макроскопическая и микроскопическая электродинамика и их связь. Макроскопическое поле как усредненное микроскопическое поле.

5. Уравнения Максвелла для вещества. Материальные уравнения. Граничные условия для векторов поля. Энергия электромагнитного поля в среде.

6. Электростатика. Диэлектрики. Поляризация диэлектриков.

Измерение диэлектрической проницаемости. Сегнетоэлектрики, антисегнетоэлектрики.

7. Стационарный электрический ток. Электродвижущая сила. Контактная разность потенциалов. Термоэлектричество. Сверхпроводимость.

8. Магнитное поле тока. Действие магнитного поля на ток. Взаимодействие токов.

9. Магнетики. Магнитное поле в магнетиках. Диа, пара, ферромагнетики, антиферромагнетики.

10. Электрический ток в газах. Самостоятельный и несамостоятельный разряды.

11. Квазистационарное приближение. Скин - эффект. Электромагнитная индукция. Коэффициенты самоиндукции и взаимной индукции.

12. Электрические колебания. Закон Кирхгофа для квазистационарных токов. Методы генерации электрических колебаний.

IV. ОПТИКА

1. Электромагнитная теория света. Волновое уравнение. Скорость. Методы определения скорости света. Фазовая и групповая скорости света в веществе. Явление Черенкова.

2. Интерференция света. Когерентность. Экспериментальное осуществление интерференции света. Интерференционные приборы и их применение.

3. Дифракция. Принцип Гюйгенса - Френеля. Дифракция Френеля (круглое отверстие, край экрана). Дифракция в параллельных лучах. Дифракционная решетка. Разрешающая способность микроскопа и телескопа.

4. Поляризация света. Поляризация при отражении и преломлении на границе диэлектрика. Двойное лучепреломление. Распространение света в кристаллах. Вращение плоскости поляризации. Искусственное двойное лучепреломление и его применение. Поляризационные приборы.

5. Дисперсия света. Нормальная и аномальная дисперсии. Методы наблюдения. Связь между аномальной дисперсией и поглощением. Электронная теория Дисперсии. Рассеяние света. Молекулярное и комбинационное рассеяние.

6. Магнито - и электрооптика (линейная и нелинейная). Явление Фарадея. Явление Зеемана. Их объяснения. Явление Керра.

7. Фотоэффект. Работы Столетова. Основные закономерности. Закон Эйнштейна. Фотоэлементы.

8. Импульс фотона. Давление света. Работы Лебедева. Явление Комптона.

9. Лазеры. Принцип их работы. Лазеры на твердом теле и полупроводниковые лазеры. Газовые лазеры.
10. Понятие о голографии.

V. АТОМНАЯ ФИЗИКА И КВАНТОВАЯ МЕХАНИКА

1. Строение атома. Спектральные закономерности. Опыты Резерфорда по рассеянию альфа-частиц. Теория Бора. Опыт Франка и Герца по распределению Потенциалов возбуждения атома. Спектр водорода.
2. Волны де-Бройля. Дифракция электронов. Уравнение Шредингера. Операторы как динамические переменные. Элементы теорий представлений. Принцип неопределенности Гейзенберга. Осциллятор. Ротатор. Атом водорода. Элементарная квантовая теория излучения, коэффициенты Эйнштейна.
3. Уравнение Клейна-Гордона. Уравнение Дирака. Спин электрона. Понятие об электронно-позитронном вакууме. Лэмбовский сдвиг уровней. Аномальный магнитный момент электрона. Атом гелия. Обменное взаимодействие. Симметричные и антисимметричные решения. Оптические спектры щелочных металлов.
4. Рентгеновские спектры. Электронные оболочки атома. Принцип Паули. Периодическая система элементов Менделеева и ее объяснение. Закономерности заполнения электронных оболочек и подоболочек.
5. Теория возмущения. Атом водорода в электрическом и магнитном полях. Теория рассеяния. Боровское приближение в теории потенциального рассеяния.
6. Электрон в периодическом поле. Основные понятия зонной теории. Модели металла, полупроводника, изоляторов.
7. Элементарные частицы: протоны, нейтроны, мезоны, электроны, фотоны, изомеры. Дефект масс ядер. Основные ядерные реакции.
8. Эффект Мессбауэра.
9. Методы наблюдения элементарных частиц. Ускорители: синхрофазотрон, циклотрон, бетатрон. Космические лучи



Литература для подготовки

1. Стрелков С.П. Механика. 1975.
2. Матвеев А.Н. Механика и теория относительности. 1986.
3. Матвеев А.Н. Электричество и магнетизм. 1989.
4. Матвеев А.Н. Молекулярная физика. 1981.
5. Калашников С.Г. Электричество. 1985.
6. Матвеев А.Н. Оптика. 1985.
7. Шпольский Э.В. Атомная физика. Т.1 и II. 1982.
8. Мухин К.Н. Экспериментальная ядерная физика. Т.1 и II. 1963.
9. Широков Ю.М., Юдин К.П. Ядерная физика. 1980.
10. Савельев И.Г. Курс общей физики. Т.1 - III. 1989.

Дополнительная литература

1. Кикоин И. К., Кикоин А. К. Молекулярная физика. 1976.
2. Ландсберг Г.С Оптика. 1976.
3. Сивухин Д.В. Общий курс физики. Т.1 - V. 1986 - 1989.
4. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Механика. М., Наука, 1988.
5. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Гидродинамика. Т. VI. 1988.
6. Ольховский И.И. Курс теоретической механики для физиков. М., Изд-во МГУ, 1978.
7. Халилов В.Р., Чижов Г.А. Динамика классических систем. М., Изд-во МГУ, 1993.
8. Петкевич Б.В. Теоретическая механика. М., Наука, 1989.
9. Хирт Дж., Лоте И. Теория дислокаций. М.: Атомиздат, 1972.
10. Павлов П.В., Хохлов А.Ф. Физика твердого тела. М.: Высшая школа, 2000.
11. Ашкрофт Н. Физика твердого тела (в двух томах). М.: Мир, 2012.

Программа вступительных испытаний в аспирантуру составлена в соответствии с федеральными государственными требованиями и паспортом научной специальности 1.3.8 – Физика конденсированного состояния.

Программу вступительных испытаний по специальной дисциплине научной специальности 1.3.8 – Физика конденсированного состояния разработал:

Д-р физ.-мат. наук, Дмитриев С.В.