Утверждаю

Директор ИКИ РАН

академик РАН Л.М.Зеленый

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

«30» августа 2012 г.

**П Р О Г Р А М М А**

**вступительного экзамена в аспирантуру ИКИ РАН**

**по специальности 01.04.01**

**Приборы и методы экспериментальной физики**

1. МЕХАНИКА

Движение точки в центрально-симметричном поле и законы Кеплера. Движение центра масс, закон изменения и сохранения импуль​са. Законы изменения и сохранения кинематического момента и энергии. Связь законов сохранения с симметрией силовых полей.

Общее решение задачи двух тел. Упругое рассеяние двух частиц, из которых одна до рассеяния покоится. Рассеяние пучка частиц, взаимо​действующих по кулоновскому закону (формула Резерфорда). Рассеяние пучка частиц - "упругих шаров".

Уравнения Лагранжа в независимых координатах. Циклические коор​динаты и симметрия силового поля. Функция Лагранжа, обобщенный по​тенциал (сила Лоренца и сила инерции как обобщенно-потенциальные си​лы); диссипативная функция Рэлея. Физический маятник. Уравнение Эй​лера. Уравнения Гамильтона. Теорема Лиувилля о сохранении фазового объема. Принцип наименьшего действия Гамилътона-Остроградского.

Гидродинамика. Уравнение непрерывности. Законы изменения плот​-  
ности импульса и плотности энергии. Уравнения гидродинамики неиде​-  
альной жидкости. Интеграл Бернулли. Потенциальное течение. Уравнение  
Навье - Стокеа. Число Рейнольдса. Методы определения вязкости. Лами​-  
нарное и турбулентное течение. Звуковые волны. Волновое уравнение.  
Явление Допплера.

Ударные волны в идеальном газе. Соотношения Гюгонио.

*Рекомендуемая литература:*

1.​ Хайкин С.Э. Физические основы механики. М.: Наука, 1971.

2.​ Фейнман Р. и др. Фейнмановские лекции по физике. М.: URSS, 2007.

3.​ Гольдстейн Г. Классическая механика. М.: Гостехиздат, 1995.

*Дополнительная:*

1.Ландау Л. Д., Лифшиц Е.М. Механика. М.: Наука, 1973.

2.​ Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Механика сплошных сред. М.: Физматлит, 2001.

3.​ Седов Л.И. Механика сплошной среды. М.: Наука, 1994.

II. ТЕРМОДИНАМИКА И СТАТИСТИЧЕСКАЯ ФИЗИКА

Термодинамические системы. Состояние термодинамического равнове​сия. Квазистатистические (обратимые) и нестатистические (необрати​мые) процессы. Внутренняя энергия, количество теплоты и работа. Уравнения состояния. Первое начало термодинамики. Теплоемкости. Ос​новные термодинамические процессы и их уравнения. Второе начало тер​модинамики для квазистатистических процессов. Энтропия и абсолютная температура. Второе начало для неравновесных процессов. Закон воз​растания энтропии.

Термодинамика излучения. Давление излучения. Закон Кирхгофа. За​кон Стефана-Больцмана. Условия равновесия и устойчивости термодина​мических систем. Фазы и компоненты. Кривые равновесия фаз. Фазовые переходы первого рода и уравнения Клалеирона-Клаузиуса. Фазовые пе​реходы второго рода и переходы лямбда-типа.

Идеальный одноатомный газ в поле внешних сил. Распределение Максвелла-Больцмана. Теорема о равнораспределении средней кинетичес​кой энергии по степеням свободы. Классическая теория теплоемкости многоатомного идеального газа и теплоемкости твердого тела. Примене​ние классической теории к равновесному излучению.

Идеальные одноатомные квантовые газы. Статистика Ферми-Дирака и статистика Бозе-Эйнштейна. Переход к классической статистике Волъ-цмана. Ферми-газ при низки температурах. Электронный газ в металле. Бозе-Эйнштейновская конденсация. Фотонный газ. Равновесное излучение и формула Планка. Физические характеристики броуновского движения частиц. Формула Эйнштейна. Стохастические марковские процессы. Урав​нение Эйнштейна-Фокера-Планка и его простейшие применения. Спектраль​ные представления и временные корреляции случайных процессов. Тепло​вые шумы и формула Найквиста,

Твердое тело. Кристаллическая решетка. Элементы симметрии. Моле​кулярные, металлические и ионные кристаллы. Диффракция рентгеновских лучей на пространственной решетке. Методы рентгеновского структурно​го анализа. Примеры анизотропии физических свойств кристаллов.

*Рекомендуемая литература:*

1.​ Кикоин А.К.. Кикоин И.К. Молекулярная физика. М.: Наука, 1976.

2.​ Леонтович М.А. Введение в термодинамику, М.: Наука, 1983.

3.​ Киттель Ч. Элементарная статистическая физика. М.; ИЛ, 1960.

4.​ Киттель Ч. Элементарная физика твердого тела. М.: Наука, 1965.

5.​ Фейнман 0. и др. Фейнмановские лекции по физике. М.: URSS, 2007.

*Дополнительная:*

1.​ Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Статистическая физика. М.: Физматлит, 2001.

2.​ Хуанг К; Статистическая механика. М.: Мир, 1966.

III. ЭЛЕКТРОДИНАМИКА

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

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

Запаздывающие потенциалы. Разложение полей по мультиполям. Электромагнитные поля в вакууме. Плоские волны. Электромагнитное по​ле электрического диполя. Излучение движущегося заряда. Синхротронное излучение. Рассеяние электромагнитных волн свободными зарядами. Уравнения Максвелла для вещества. Материальные уравнения. Граничные условия для векторов поля. Энергия электромагнитного поля в среде. Диэлектрики, диэлектрическая проницаемость, конденсаторы.

Электропроводимость. Изоляторы, полупроводники, металлы. Сверх​проводимость.

Магнитное поле тока. Действие магнитного поля на ток. Взаимо​действие токов.

Диа-, пара-, ферромагнетики.

Термоэлектронная эмиссия. Электронная пушка, влияние пространс​твенного заряда.

Электрический ток в газах. Электрический ток в полупроводниках. Полупроводниковые приборы.

Квазистационарное приближение. Свин-эффект. Электромагнитная ин​дукция. Коэффициенты самоиндукции и взаимоиндукции. Понятие об излу​чающих и приемных антеннах в вакууме,-в СВЧ, КБ и ОНЧ-диапазонах.

Теория относительности

Теория относительности. Основные опытные факты, лежащие в основе теории относительности. Опыт Майкельсона. Принцип относительности и принцип независимости скорости света от движения источника. Преобразования Лоренца. Релятивистская кинематика. Преобразова​ние скорости. Абберация и эффект Доплера.

Релятивисткая механика. Движение заряда во внешнем электромагнитном поле. Зависимость массы от скорости.

*Рекомендуемая литература:*

1.​ Тамм И.Е. Основы теории электричества. М.: Наука, 1976.

2.​ Киттель Ч. Введение в физику твердого тела. М.: Наука, 1978.

3.​ Фейнман Р. и др. Фейнмановские лекции по физике. М.: URSS, 2007.

*Дополнительная:*

1.​ Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Электродинамика сплошных сред. М.: Физматлит, 2001.

2.​ Ландау Л. Д., Лифшиц Е.М. Теория поля. М.: Физматлит, 2001.

IV. ОПТИКА

Электромагнитная теория поля. Волновое уравнение. Фазовая и групповая скорости света в веществе. Явление Черепкова. Интерферен​ция света. Когерентность. Экспериментальное осуществление интерфе​ренции света. Интерференционные приборы и их применение.

Дифракция. Принцип Гюйгенса-Френеля. Диффракция Френеля (круглое отверстие, край экрана). Диффракция в параллельных лучах. Диффракци-онная решетка. Разрешающая способность.

Поляризация света. Поляризация при отражении и преломлении на границе диэлектрика. Вращение плоскости поляризации. Дисперсия све​та. Нормальная и аномальная дисперсия., поглощение. Рассеяние света. Молекулярное и комбинационное рассеяние.

Явление Фарадея. Явление Зеемана и Штарка.

Фотоэффект. Закон Эйнштейна. Импульс фотона. Давление света. Яв​ление Комптона. Лазеры. Принцип их работы.

Понятие о голографии.

*Рекомендуемая литература:*

1.​ Ландсберг Г.С. Оптика. М.: Физматлит, 2010.

2.​ Фриш С.Э., Тиморева А.В. Курс общей физики. М.: Физматгиз, 1961.

V. АТОМНАЯ ФИЗИКА И КВАНТОВАЯ МЕХАНИКА

Строение атома. Спектральные закономерности. Опыты Резерфорда по рассеянию альфа-частиц. Теория Вора. Опыт Франка и Герца по опреде​лению потенциалов возбуждения атома. Спектр водорода. Волны де-Врой-ля, диффракция электронов. Уравнение'Шредингера. Принцип неопреде​ленности Гейзенберга. Осциллятор. Ротатор. Элементарная квантовая теория излучения, коэффициент Эйнштейна. Вынужденное излучение.

Спин электрона. Лэмбовский сдвиг уровней. Атом гелия. Обменное вырождение. Симметричные и антисимметричные решения. Принцип Паули. Рентгеновские спектры. Электронные оболочки атома. Периодическая система элементов Менделеева и ее объяснение. Закономерности заполнения электронных оболочек и подоболочек.

Электрон в периодическом поле. Основные понятия бонной теории. Модели металла, полупроводника, изолятора.

Элементарные частицы; протоны, нейтроны и мезоны, электроны, фо​тоны, нейтрино и их античастицы.

Атомное ядро. Модель ядра. Принцип Гейзенберга. Изотопы, изоба​ры, изомеры. Эффект Мёссбауэра. Дефект масс ядер. Ядерные реакции. Реакции синтеза и деления как источники энергии.

Методы регистрации элементарных частиц. Ускорители: циклотрон, синхрофазотрон. Космические лучи.

*Рекомендуемая литература:*

1.​ Шполъский Э.В. Атомная физика. Тт.1,2. М.: Наука, 1974.

2.​ Арцимович Л.А., Лукьянов С.Б. Движение заряженных частиц в  
электрических и магнитных полях. М.: Наука, 1978.

3.​ Фейнман Р. и др. Фейнмановские лекций по физике. М.: URSS, 2007.

4.​ Фриш С.Э., Тиморева А.В. Курс общей физики. М.: Физматгиз, 1961.

*Дополнительная:*

1. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Квантовая механика. М.: Физматлит, 2001.

VI. ФИЗИКА ПЛАЗМЫ

Кулоновские столкновения. Дебаевский радиус экранирования. Зонд Ленгмюра. Длина свободного пробега заряженных частиц. Постоянная времени выравнивания температур Т и Т, Времена релаксации. Взаимо​действие электронов и ионов с нейтралами. Возбуждение, ионизация, перезарядка; Модель ЛТР (локального термодинамического равновесия). Ионизационное равновесие.

Методы описания плазмы. Кинетическое уравнение с самосогласован​ным полем. Дрейфовое кинетическое уравнение. Гидродинамическая мо​дель плазмы. Идеальная проводимость и "вмороженность" плазмы. Диффу​зия магнитного поля. Скиновое время. Магнитное число Рейнольдса.

Явления переноса в плазме. Обобщенный закон Ома. Проводимость плазмы. Ток Холла. Проводимости Холла и Педерсена. Движение частиц в электрических и магнитных полях. Методы селекции заряженных частиц по величине отношений энергии и массы к заряду, по величине скорости частиц.

Дрейфовые движения заряженных частиц. Приближение ведущего цент​ра. Дрейф в скрещенных полях (электрический дрейф). Дрейф в неодно​родном магнитном поле. Центробежный дрейф. Поляризационный дрейф.

Адиабатические инварианты движения. Магнитный момент. Продольный инвариант. Магнитный поток через дрейфовую поверхность. Ускорение Ферми. Магнитогидродинамические волны. Альвеновская и быстрая магнитозвуковая волна. Вистлеры.

*Рекомендуемая литература:*

1.​ Альвен Г. и Фельтхаммар К. - Г. Космическая электродинамика. Основные принципы. М.: 1967.

2.​ Франк-Каменецкий Д.А. Лекции по физике плазмы. Изд. 3-е. Долгопрудный: Интеллект, 2008.

3.​ Спитцер Л. Физика полностью ионизованного газа. М.: Мир, 1965.

4.​ Арцимович Л.А. Управляемые термоядерные реакции. М.:Физматгиз, 1963.

5.​ Веденов А.А. Физика плазмы. М.: Наука, 1964.

6.​ Арцимович Л.А., Сагдеев Р.З. Физика плазмы для физиков. М.: Атомиздат, 1979.

VII. МЕТОДЫ И СРЕДСТВА ПРОВЕДЕНИЯ ФИЗИЧЕСКОГО ЭКСПЕРИМЕНТА

Экспериментальные исследования. Средства и методы измерений. Системы автоматизации экспериментальных исследований. Планирование экспериментов.

Экспериментальные установки и оборудование. Общие положения. Экспериментальное оборудование для отработки приборов. Испытательные стенды различного назначения. Контрольно-измерительная аппаратура.

Метрологическое обеспечение отработки, приборов. Погрешности из​мерений. Средства обеспечения точности измерений. Классы точности измерительных приборов.

Математическое моделирование. Формализация модели. Использование математических моделей сложных систем. Принципы построения моделиру​ющих алгоритмов. Имитационное моделирование. Моделирование случайных процессов.

Теория информации. Энтропия как мера неопределенности. Условная энтропия. Информационные характеристики, избыточность. Оптимальное кодирование. Помехоустойчивое кодирование. Коды Хемминга.

Теория сигналов. Непрерывные и дискретные представления сигна​лов. Дискретизация и восстановление сигналов. Погрешности восстанов​ления. Методы кодирования сигналов.

*Рекомендуемая литература:*

1.​ Бородин Л.Ф. Помехоустойчивое кодирование. М.: Связь, 1971.

2.​ Бусленко Н.П. Моделирование сложных систем. М.: Наука, 1978.

3.​ Заварыкин В.М. и др. Основы информатики и вычислительной тех ники. М.: Просвещение, 1989.

4.​ Краус М., Вошни Э. Измерительные информационные системы. Пер. с нем. - М.:'Мир, 1975.

5.​ Кузьмичев Д.А., Радкевич И.А., Смирнов А.Д Автоматизация экс​периментальных исследований. М.: Наука, 1983.

6.​ Ступин Ю.В. Методы автоматизации физических экспериментов и установок на основе ЭВМ. М.: Энергоатомиздат, 1983.

7​. Хемминг Р.В. Теория кодирования и теория информации. М.: Радио и связь, 1983.

VIII. МЕТОДЫ АНАЛИЗА РЕЗУЛЬТАТОВ ФИЗИЧЕСКОГО ЭКСПЕРИМЕНТА

Случайные величины. Законы распределения. Характеристики случай​ных величин. Предельные теоремы. Эмпирическое определение характе​ристик случайных величин.

Математическая статистика. Проверка статистических гипотез. Кри​терии значимости. Дисперсионный анализ. Корреляция. Регрессионный анализ.

Методы оценки неизвестных параметров. Метод максимального прав​доподобия. Метод наименьших квадратов. Прямые и непрямые равноточные и неравноточные наблюдения.

*Рекомендуемая литература:*

1.​ Айвазян С.А., Енюков И.С., Мелашкин Л.Д. Прикладная статисти​ка. М.: Финансы и Статистика, 1985.

2.​ Брандт 3. Статистические методы анализа наблюдений. Пер. с англ. - М.: Мир, 1975.

3.​ Гнеденко Б.В. Курс теории вероятностей. М.: УРСС, 2001.

4.​ Евдокимов В.П., Покрас В.М. Методы обработки данных в научных космических экспериментах. М.: Наука, 1977.

5.​ Крамер Г. Математические методы статистики. Пер. с англ. - М.: Мир, 1975.

6.​ Макс Ж. Методы и техника обработки сигналов при физических измерениях. М.: Мир, 1983.

7.​ Дж.Поллард. Справочник по вычислительным методам статистики. Пер. с англ. М.: Финансы и Статистика, 1982.

8.​ Пустылъник Е.И. Статистические методы анализа и обработки наблюдений. - М.: Наука, 1968.

*Составители:*

д.т.н., профессор Г.А. Аванесов

д.ф. – м. н., профессор Г.Н. Застенкер