

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки  
Физико-технический институт им. А.Ф. Иоффе  
Российской академии наук  
(ФТИ им. А.Ф. Иоффе)

УТВЕРЖДАЮ

Директор

С.В. Иванов



13 » 04. 2022 г.

Программа  
вступительного испытания для приема на обучение  
по программам высшего образования – программам подготовки  
научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре по дисциплине

**ОБЩАЯ ФИЗИКА**

по научным специальностям:

- 1.3.1 Физика космоса, астрономия
- 1.3.3 Теоретическая физика
- 1.3.5 Физическая электроника
- 1.3.6 Оптика
- 1.3.8 Физика конденсированного состояния
- 1.3.9 Физика плазмы
- 1.3.11 Физика полупроводников

Принята Ученым советом,  
протокол заседания от 04.03. 2022 № 03/22

Санкт-Петербург  
2022

## **1. Механика**

1.1. Принцип относительности Галилея. Энергия. Импульс. Момент импульса. Законы сохранения.

1.2. Принцип наименьшего действия. Интегрирование уравнений движения в одномерном случае. Движение при наличии возвращающей силы.

1.3. Работа. Работа силы при перемещении тела по произвольной траектории. Работа силы тяжести при движении тела по наклонной плоскости. Мощность.

1.4. Движение в центральном поле. Кеплерова задача. Законы Кеплера.

1.5. Малые колебания. Свободные и вынужденные колебания. Затухающие колебания. Параметрический резонанс.

## **2. Релятивистская механика**

2.1. Принцип относительности Эйнштейна-Пуанкаре. Пространство и время в специальной теории относительности. Четырехвекторы. Преобразования Лоренца.

2.2. Сокращение длины. Сокращение времени. Преобразование скоростей.

2.3. Релятивистская динамика. Энергия, масса, импульс в специальной теории относительности. Формулы связи между ними.

## **3. Волновая оптика**

3.1. Интерференция.

3.2. Дифракция Френеля и дифракция Фраунгофера.

3.3. Критерий Рэлея и разрешающая способность оптических приборов.

3.4. Дифракционная решетка и ее разрешающая способность, закон Вульфа-Брэггов

3.4.1. Дифракция света на пространственной решетке, условие Лауэ.

3.5. Линзы. Формула тонкой линзы. Действительное и мнимое изображение. Аберрации линз. Микроскоп и телескоп.

3.6. Распространение света в веществе. Показатель преломления.

3.7. Законы отражения и преломления света. Полное внутреннее отражение, угол Брюстера.

3.8. Кристаллооптика. Двойное лучепреломление. Формулы Френеля.

3.9. Временная и пространственная дисперсия. Поглощение света. Гиротропия.

3.10. Поляризация света. Частично поляризованный свет.

## **4. Термодинамика и статистическая физика.**

4.1. Термодинамические величины. Термодинамические потенциалы. Адиабатические процессы и фазовое пространство. Основные законы термодинамики.

4.2. Основные принципы статистики. Функция распределения. Теорема Лиувилля.

4.3. Распределение Максвелла и его свойства. Распределение Больцмана. Барометрическая формула.

4.4. Закон возрастания энтропии. Кинетическая теория газов. Уравнение состояния идеального газа. Уравнение ван-дер-Ваальса.

4.5. Распределение Ферми и Бозе. Температура вырождения. Вырожденный электронный газ при нулевой температуре. Излучение абсолютно черного тела.

4.6. Термодинамические величины классической плазмы. Радиус Дебая. Плазменная частота. Ионизационное равновесие.

## **5. Электромагнитные явления.**

- 5.1. Электростатика. Теорема Гаусса. Потенциал электрического поля. Энергия электростатического поля.
- 5.2. Уравнения Пуассона и Лапласа. Методы решения электростатических задач.
- 5.3. Диэлектрики. Диэлектрическая проницаемость. Положительность диэлектрической проницаемости. Поляризация.
- 5.4. Силы действующие в диэлектрике. Пьезоэлектрики. Сегнетоэлектрики.
- 5.5. Магнитное поле тока. Векторный потенциал. Закон Ампера. Сила Лоренца.
- 5.6. Магнитные свойства вещества. Диамагнетизм и парамагнетизм. Магнитные свойства вырожденного электронного газа. Магнитные свойства сверхпроводников.
- 5.7. Ферромагнетизм. Домены. Закон Кюри–Вейса.
- 5.8. Антиферромагнетики. Спиновые волны.
- 5.9. Законы электромагнитной индукции. Уравнения Максвелла. Токи смещения. Уравнение непрерывности.
- 5.10. Электромагнитные волны. Энергия и импульс электромагнитного поля.
- 5.11. Квазистационарное электромагнитное поле. Скин-эффект.
- 5.12. Уравнение Лондонов в сверхпроводнике.
- 5.13. Потенциалы движущихся зарядов. Излучение.
- 5.14. Движение зарядов в электрическом и магнитном поле. Движение в скрещенных полях.

## **6. Физика кристаллов**

- 6.1. Структура кристаллов и ее описание, элементарная ячейка, индексы Миллера.
  - 6.1.1. Рассеяние рентгеновских лучей в идеальном кристалле. Законы Брэгга и Лауэ, сфера Эвальда.
- 6.2. Химические связи в кристаллах. Ковалентная и ионная связь.
- 6.3. Типы кристаллических решеток. Пространственная симметрия кристаллов, элементы симметрии. Точечные группы симметрии, кристаллические классы.
  - 6.3.1. Реальная структура кристаллов, точечные, линейные и объемные дефекты, их характеристики. Миграция дефектов в кристалле.
- 6.4. Тензора деформации и внутренних напряжений.
- 6.5. Закон Гука для изотропных тел и кристаллов.
- 6.6. Распространение звука в твердом теле. Поверхностные упругие волны.

## **7. Квантовая механика.**

- 7.1. Волновая функция и амплитуда вероятности. Операторы физических величин. Коммутаторы операторов. Принцип неопределенности.
- 7.2. Уравнение Шредингера и его основные свойства. Плотность потока вероятности.
- 7.3. Симметричная и несимметричная одномерная прямоугольная потенциальная яма.
- 7.4. Коэффициенты прохождения и отражения прямоугольного барьера. Туннельный эффект.
- 7.5. Линейный гармонический осциллятор.
- 7.6. Движение в центрально-симметричных полях. Атом водорода.
- 7.7. Спин. Оператор спина. Фермионы и бозоны. Тождественность частиц. Обменное взаимодействие. Принцип Паули.
- 7.8. Электронный спиновый резонанс. Сверхтонкое взаимодействие.
- 7.9. Основы квантовой электроники. Лазерный эффект и инверсия заселенности.

7.10. Электроны в кристаллах. Движение в периодическом потенциале.

7.11. Квазичастицы. Эффект Купера. Сверхпроводимость.

## **8. Физика сплошных сред**

8.1. Гидродинамика. Уравнение движения идеальной жидкости. Парадокс Даламбера

8.2. Теорема Бернулли. Вязкие течения. Число Рейнольдса.

8.3. Звуковые волны в идеальных жидкостях.

### **Экзаменационные билеты**

#### **Билет № 1**

1. Принцип наименьшего действия в механике.
2. Уравнения Максвелла. Электромагнитные волны в вакууме.

#### **Билет № 2**

1. Импульс и момент импульса в механике.
2. Поляризация света. Параметры Стокса.

#### **Билет № 3**

1. Законы сохранения в механике.
2. Основные понятия геометрической оптики.

#### **Билет № 4**

1. Свободные и вынужденные механические колебания.
2. Движение идеальной жидкости. Уравнение Эйлера.

#### **Билет № 5**

1. Параметрический резонанс в механических системах.
2. Одновременная измеримость физических величин. Соотношения неопределенности Гейзенберга.

#### **Билет № 6**

1. Линейный гармонический осциллятор в квантовой механике. Спектр и волновые функции.
2. Тензоры деформаций и напряжений в упругой среде. Закон Гука.

#### **Билет № 7**

1. Пространство и время в специальной теории относительности. Преобразования Лоренца.
2. Разрешающая способность оптических приборов. Дифракционный предел, абберации.

### Билет № 8

1. Энергия и импульс в релятивистской механике.
2. Интерференция и дифракция света.

### Билет № 9

1. Термодинамические величины. Термодинамические потенциалы.
2. Распространение света в веществе. Показатели преломления и поглощения.

### Билет № 10

1. Законы термодинамики.
2. Электромагнитные волны в среде. Дисперсия диэлектрической проницаемости.

### Билет № 11

1. Основные принципы статистической физики. Функция распределения.
2. Магнитооптический эффект Фарадея.

### Билет № 12

1. Уравнение Лиувилля в статистической физике.
2. Электростатика диэлектриков.

### Билет № 13

1. Закон возрастания энтропии.
2. Сегнетоэлектричество.

### Билет № 14

1. Кинетическая теория газов. Уравнение состояния идеального газа.
2. Ферромагнетизм.

### Билет № 15

1. Волновая функция и уравнение Шредингера.
2. Электростатика. Уравнения Пуассона и Лапласа. Теорема Гаусса.

### Билет № 16

1. Операторы физических величин в квантовой механике. Средние значения физических величин.
2. Энергия электромагнитного поля.

### Билет № 17

1. Стационарное уравнение Шредингера. Дискретный и непрерывный спектры энергии.
2. Фазовые переходы второго рода. Параметр порядка.

### Билет № 18

1. Атом водорода.
2. Спонтанное и вынужденное излучение. Принцип работы лазера.

### Билет № 19

1. Фермионы и бозоны. Принцип Паули.
2. Движение заряда в электрическом и магнитном полях.

### Билет № 20

1. Электроны в кристаллах. Зоны Бриллюэна. Разрешенные и запрещенные зоны энергии.
2. Диамагнетизм и парамагнетизм.

### Билет № 21

1. Магнитостатика.
2. Колебания в электрических цепях.

### Билет № 22

1. Скалярный и векторный потенциалы электромагнитного поля.
2. Туннелирование частиц через потенциальный барьер.

### Билет № 23

1. Движение заряженной частицы и магнитного момента в однородном магнитном поле.
2. Одномерная прямоугольная потенциальная яма (с барьерами бесконечной и конечной высоты) в квантовой механике. Спектр и волновые функции.

### Рекомендованная литература

1. Феймановские лекции по физике. Тома 1-9, изд.2002 года
2. Д.В. Сивухин. Общая физика, т.1-3, изд.1980 года
3. И.Е. Тамм. Основы теории электричества, изд.2002 года
4. Ч. Киттель. Введение в физику твердого тела, изд. после 1979 года
5. Э.В. Шпольский. Атомная физика, тома 1-2, изд.1980 года
6. А.С. Давыдов. Квантовая механика, изд. после 1985 года
7. Г.Г. Зегря, В.И. Перель. Введение в физику полупроводников, изд. 2006 года.
8. В.В. Шмидт. Введение в физику сверхпроводников, изд.1998 года.