

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

«16» января 2024 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

Санкт-Петербург
2024

Handwritten signature

1. СТРУКТУРА И ФОРМАТ ЭКЗАМЕНА

Экзамен состоит из устных ответов на 2 вопроса по билету и вопросов по реферату по теме выпускной квалификационной работы в ВУЗе в рамках тем, представленных в программе экзаменов.

Реферат должен содержать: введение, актуальность темы, результаты, выводы, список цитируемой литературы. Объем реферата не более 7 страниц.

Экзамен проходит в устной форме (выступление у доски).

2. ОСНОВНЫЕ РАЗДЕЛЫ И ВОПРОСЫ К ЭКЗАМЕНУ

2.1. Механика

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

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

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

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

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

2.2. Релятивистская механика

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

2.2.2. Сокращение длины. Сокращение времени. Преобразование скоростей.

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

2.3. Волновая оптика

2.3.1. Интерференция.

2.3.2. Дифракция Френеля и дифракция Фраунгофера.

2.3.3. Критерий Рэлея и разрешающая способность оптических приборов.

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

2.3.5. Дифракция света на пространственной решетке, условие Лауэ.

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

2.3.7. Распространение света в веществе. Показатель преломления.

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

2.3.9. Кристаллооптика. Двойное лучепреломление. Формулы Френеля.

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

2.3.11. Поляризация света. Частично поляризованный свет.

2.4. Термодинамика и статистическая физика.

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

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

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

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

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

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

2.5. Электромагнитные явления.

2.5.1. Электростатика. Теорема Гаусса. Потенциал электрического поля. Энергия электростатического поля.

2.5.2. Уравнения Пуассона и Лапласа. Методы решения электростатических задач.

2.5.3. Диэлектрики. Диэлектрическая проницаемость. Положительность диэлектрической проницаемости. Поляризация.

2.5.4. Силы действующие в диэлектрике. Пьезоэлектрики. Сегнетоэлектрики.

2.5.5. Магнитное поле тока. Векторный потенциал. Закон Ампера. Сила Лоренца.

2.5.6. Магнитные свойства вещества. Диамагнетизм и парамагнетизм. Магнитные свойства вырожденного электронного газа. Магнитные свойства сверхпроводников.

2.5.7. Ферромагнетизм. Домены. Закон Кюри–Вейса.

2.5.8. Антиферромагнетики. Спиновые волны.

2.5.9. Законы электромагнитной индукции. Уравнения Максвелла. Токи смещения. Уравнение непрерывности.

2.5.10. Электромагнитные волны. Энергия и импульс электромагнитного поля.

2.5.11. Квазистационарное электромагнитное поле. Скин-эффект.

2.5.12. Уравнение Лондонов в сверхпроводнике.

2.5.13. Потенциалы движущихся зарядов. Излучение.

2.5.14. Движение зарядов в электрическом и магнитном поле. Движение в скрещенных полях.

2.6. Физика кристаллов

2.6.1. Структура кристаллов и ее описание, элементарная ячейка, индексы Миллера.

2.6.1.1. Рассеяние рентгеновских лучей в идеальном кристалле. Законы Брэгга и Лауэ, сфера Эвальда.

2.6.2. Химические связи в кристаллах. Ковалентная и ионная связь.

2.6.3. Типы кристаллических решеток. Пространственная симметрия кристаллов, элементы симметрии. Точечные группы симметрии, кристаллические классы.

2.6.3.1. Реальная структура кристаллов, точечные, линейные и объемные дефекты, их характеристики. Миграция дефектов в кристалле.

2.6.4. Тензора деформации и внутренних напряжений.

2.6.5. Закон Гука для изотропных тел и кристаллов.

2.6.6. Распространение звука в твердом теле. Поверхностные упругие волны.

2.7. Квантовая механика

2.7.1. Волновая функция и амплитуда вероятности. Операторы физических величин. Коммутаторы операторов. Принцип неопределенности.

2.7.2. Уравнение Шредингера и его основные свойства. Плотность потока вероятности.

2.7.3. Симметричная и несимметричная одномерная прямоугольная потенциальная яма.

2.7.4. Коэффициенты прохождения и отражения прямоугольного барьера. Туннельный эффект.

2.7.5. Линейный гармонический осциллятор.

- 2.7.6. Движение в центрально-симметричных полях. Атом водорода.
- 2.7.7. Спин. Оператор спина. Фермионы и бозоны. Тождественность частиц. Обменное взаимодействие. Принцип Паули.
- 2.7.8. Электронный спиновый резонанс. Сверхтонкое взаимодействие.
- 2.7.9. Основы квантовой электроники. Лазерный эффект и инверсия заселенности.
- 2.7.10. Электроны в кристаллах. Движение в периодическом потенциале.
- 2.7.11. Квазичастицы. Эффект Купера. Сверхпроводимость.

2.8. Физика сплошных сред

- 2.8.1. Гидродинамика. Уравнение движения идеальной жидкости. Парадокс Даламбера
- 2.8.2. Теорема Бернулли. Вязкие течения. Число Рейнольдса.
- 2.8.3. 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.

3. Рекомендованная литература

1. Фейнмановские 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.

Программу разработали:

Заведующий сектором теоретической астрофизики,
чл.-корр. РАН, д-р физ.-мат. наук, Иванчик А.В.;

Главный научный сотрудник, заведующий сектором
теории квантовых когерентных явлений в твердом теле,
чл.-корр. РАН, д-р физ.-мат. наук Тарасенко С.А.

Заведующий сектором теории оптических
и электрических явлений в полупроводниках,
д-р физ.-мат. наук, Аверкиев Н.С.;