

Министерство образования и науки Российской Федерации
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего
профессионального образования

«Санкт-Петербургский государственный морской технический университет»
(СПбГМТУ)

ПРИНЯТО

На заседании ученого
совета ФЕНГО

« 18 » 03 2014 г.

(протокол № 3)

«УТВЕРЖДАЮ»

Проректор по НР СПбГМТУ

А.К. ФИЛИМОНОВ

« 19 » 03 2014 года



ПРОГРАММА

вступительного экзамена в аспирантуру

по направлению 03.06.01
«Физика и астрономия»

по профилю
«Теоретическая физика»

Санкт-Петербург
2014

ВВЕДЕНИЕ

В основу настоящей программы положены следующие дисциплины: механика, электродинамика и механика сплошных сред, теория поля, квантовая механика, статистическая физика. Настоящая программа разработана на кафедре физики СПбГМТУ на основе номенклатуры специальностей научных работников применительно к направлению «Физика и астрономия 03.06.01, профиль – теоретическая физика.

Основу настоящей Программы составляют следующие дисциплины:

- А. Квантовая механика
- Б. Теория классических полей
- В. Теория атомного ядра
- Г. Статистическая физика
- Д. Теория конденсированных сред

А. КВАНТОВАЯ МЕХАНИКА

Соотношения неопределенности. Операторы. Волновая функция, ее статистическая интерпретация. Стационарные и нестационарные состояния. Матрицы. Гейзенберговское представление операторов.

Нестационарное и стационарное уравнение Шредингера. Прямоугольная потенциальная яма, линейный гармонический осциллятор, движение в однородном поле, тунелирование. Движение в центрально-симметричном поле, момент импульса. Задача двух тел. Кулоновское поле.

Стационарная теория возмущений. Нестационарная теория возмущений. Переходы под влиянием временного импульса и под влиянием периодического возмущения.

Квазиклассическая волновая функция. Условия квантования Бора-Зоммерфельда. Прохождение через потенциальный барьер.

Спин. Принцип неразличимости физически одинаковых частиц. Симметрия по отношению к перестановкам. Связь со статистиками Бозе и Ферми.

Состояния электрона в атоме. Атом водорода. Периодическая система элементов Менделеева. Адиабатическое приближение в теории молекул. Приближение Гайтлера-Лондона. Молекула водорода.

Общая теория рассеяния. Формула Борна. Резонансное рассеяние. Формула Резерфорда. Неупругое рассеяние медленных частиц. Формула Брейта-Вигнера.

Уравнение Дирака. Матрицы Дирака.

Б. ТЕОРИЯ КЛАССИЧЕСКИХ ПОЛЕЙ

Постулаты Эйнштейна. Преобразования Лоренца. Мир Минковского. Механика СТО.

Лагранжиан скалярных полей. Уравнения поля. Тензор энергии-импульса скалярного поля. Волновое уравнение. Лагранжиан векторных полей. Электромагнитное поле. Первая пара уравнений Максвелла. Вторая пара уравнений Максвелла.

Закон Кулона. Электростатическая энергия зарядов. Движение в кулоновском поле. Постоянное магнитное поле. Магнитный момент. Теорема Лармора. Движение частиц в стационарном и однородном электромагнитном поле.

Волновое уравнение. Монохроматическая плоская волна. Вектор Пойнтинга. Элементы геометрической оптики.

В. ТЕОРИЯ АТОМНОГО ЯДРА

Общие свойства ядерных сил, их насыщение. Энергия связи и размеры ядер. Длина свободного пробега нуклонов. Модель Ферми-газа.

Одночастичная оболочечная модель. Ядерный потенциал, система энергетических уровней. Обобщенная модель ядра.

Квазичастичная модель ядра. Слабо возбужденные уровни в четно-четных и нечетных ядрах. Энергетическая щель. Спектр квазичастичных возбуждений.

Основы теории бета- и альфа-распадов, гамма-переходов, деления ядер. Кулоновское возбуждение ядер. Динамическая неустойчивость тяжелых ядер. Спонтанное деление ядер и деление под действием быстрых нейтронов.

Оптическая модель взаимодействия нуклонов с ядрами. Мнимая часть эффективного потенциала. Широкие резонансы.

Прямые ядерные реакции. Прямое неупругое рассеяние. Реакции передачи.

Компаундные ядра. Статистическая теория компаунд-ядра. Сечения образования компаунд-ядра.

Ядерные реакции при низких энергиях. Резонансные ядерные реакции. Ядерные реакции при средних энергиях. Многократное рассеяние. Взаимодействие мезонов с ядрами.

Г. СТАТИСТИЧЕСКАЯ ФИЗИКА

Функция распределения, ее свойства. Статистический ансамбль. Теорема Лиувилля. Микроканоническое распределение. Статистический вес. Энтропия и вероятность. Необратимость. Закон возрастания энтропии.

Статистическая сумма. Распределение Максвелла-Больцмана. Теорема о равномерном распределении энергии по степеням свободы.

Обратимые и необратимые процессы. Принцип ле-Шателье. Адиабатический процесс. Давление. Работа и количество тепла. Первое начало термодинамики.

Термодинамические потенциалы: энтальпия, свободная энергия, термодинамический потенциал.

Неравенство Клаузиуса и его следствия. Условия термодинамического равновесия и устойчивости макроскопических систем.

Свободная энергия больцмановского идеального газа. Уравнение состояния. Газовые законы. Одноатомный идеальный газ. Двухатомный идеальный газ. Вращательные и колебательные степени свободы. Теплоемкость многоатомного идеального газа.

Распределение Ферми и Бозе. Идеальные Ферми-и Бозе-газы. Вырожденные Ферми- и Бозе-газы. Теплоемкость и магнитная восприимчивость вырожденного электронного газа. Статистика равновесного излучения.

Распределение Гаусса. Флуктуации основных термодинамических величин. Пространственные и временные корреляции флуктуаций. Флуктуационно-диссипативная теорема. Принцип симметрии кинетических коэффициентов.

Уравнение Ван-дер-Ваальса. Конденсация газов. Приближение Дебая-Хюккеля для плазмы.

Условие равновесия. Формула Клапейрона-Клаузиуса. Растворы. Правило фаз. Слабые растворы. Осмотическое давление. Смесь идеальных газов. Смесь изотопов. Закон действующих масс. Теплота реакции.

Твердое тело, высокие и низкие температуры. Интерполяционная формула Дебая. Квантовые жидкости. Спектры Ферми и Бозе типов.

Д. ТЕОРИЯ КОНДЕНСИРОВАННЫХ СРЕД

Кристаллические решетки. Кристаллическая ячейка. Базис. Решетки Бравэ. Классификация кристаллов по сингониям. Примеры простых кристаллических структур. Кристаллографическая симметрия. Трансляционная и точечная группы. Симметрия вращения, зеркальная симметрия, инверсионная симметрия. Положение базисного атома, направления в кристалле, положение плоскостей, индексы Миллера. Ячейка Вигнера-Зейтца.

Закон Брэгга. Условия дифракции. Обратная решетка и ее свойства.

Классификация кристаллов по типам связей.

Одномерный кристалл. Плотность колебаний. Условия Борна-Кармана.

Двухатомный линейный кристалл. Оптическая и акустическая ветви колебаний. Колебания трехмерных решеток и решеток с базисом. Зоны Бриллюэна.

Нормальные колебания. Фононы. Теплоемкость кристаллической решетки. Теория Эйнштейна. Теория Дебая. Тепловое расширение и теплопроводность кристаллов.

Электроны в кристалле. Функции Блоха. Возникновение энергетических зон. Модель Кронига-Пенни. Тензор обратной эффективной массы. Понятие о дырках.

Функции Ваннье. Метод эффективной массы. Локализованные состояния электрона в кристалле. Примесные и поверхностные состояния. Экситоны. Поляроны.

Движение кристаллического электрона в однородном электрическом поле. Штарковское квантование. Межзонное тунелирование. Пробой Зинера. Эффект Франца-Келдыша. Движение в магнитном поле. Магнитный пробой.

Деление кристаллов на металлы, диэлектрики и полупроводники. Равновесный электронный газ. Теплоемкость свободных электронов.

Магнетики. Парамагнетизм атомов. Квантовая теория парамагнетизма. Парамагнетизм Паули свободных электронов. Парамагнитный резонанс. Ядерный магнитный резонанс.

Диамагнетизм атомов. Квантовая теория диамагнетизма свободных электронов в кристалле. Уровни Ландау. Циклотронный резонанс. Эффект де Гааза-ван Альфена.

Магнитное упорядочение. Ферромагнетики. Спиновые волны. Магнитные домены, гистерезис. Антиферромагнетизм и ферромагнетизм.

Бозе-эйнштейновская конденсация. Сверхтекучесть. Квантовая жидкость, основные свойства. Сверхтекучесть He-2, второй звук.

Сверхпроводимость. Электрические, тепловые и магнитные свойства сверхпроводников. Эффект Мейснера-Оксенфельда. Изотопический эффект. Куперовские пары. Теория БКШ. Эффект Джозефсона в сверхпроводниках. Высокотемпературная сверхпроводимость.

Низкоразмерные системы. Квантовые ямы, сверхрешетки, квантовые нити, квантовые точки. Двумерный электронный газ. Сверхрешетка в электрическом поле, уровни Ванье – Штарка. Резонансный туннельный диод. Экситоны и примеси в квантовых ямах. Целый и дробный квантовый эффект Холла и его применение.

Рекомендуемая литература

а) основная

1. Л.Д.Ландау, Е.М.Лифшиц. Квантовая механика. Нерелятивистская теория. Наука, М., 1974.
2. В.Б.Берестецкий, Е.М.Лифшиц, Л.П.Питаевский. Релятивистская квантовая теория. Часть 1. Наука, М., 1968.
3. Л.Д.Ландау, Е.М.Лифшиц. Теория поля. Наука, М., 1973.
4. О.Бор, Б.Р.Моттelson. Структура атомного ядра. Наука, М., 1977.
5. Л.Д.Ландау и Е.М.Лифшиц. Статистическая физика т.5, Наука, М., 1964, т.9, Наука, М., 1978.
6. Р.Фейнман. Статистическая механика. Мир, М., 1975.
7. Л.Д.Ландау, Е.М.Лифшиц. Статистическая физика. т.9, Наука, М., 1978.
8. Дж. Займан. Принципы теории твердого тела. Мир, М., 1974.
9. E.L.Ivchenko, G.E.Pikus. Superlattices and other heterostructures: symmetry and optical phenomena. Springer, Berlin, 1995.

б) дополнительная

1. А.А.Абрикосов, Л.П. Горьков, И.Е. Дзялошинский. Методы квантовой теории поля в статистической физике. Физматгиз, М., 1962.
2. Д.И.Блохинцев. Основы квантовой механики. Наука, М., 1976.
3. П.В.Елютин, В.Д.Кривченко. Квантовая механика. Наука, М., 1976.
4. В.М.Галицкий, Б.М.Карнаков, В.И.Коган. Задачи по квантовой механике. Наука. М., 1981.
5. Д.Иваненко, А.Соколов. Классическая теория поля. М.,-Л. 1949.
6. Г.Бете. Теория ядерной материи. Наука. М., 1974.
7. А.Исихара. Статистическая механика. Мир, М., 1973.

Программа вступительного экзамена в аспирантуру по направлению «Физика и астрономия» 03.06.01, профиль – теоретическая физика обсуждена и рекомендована к утверждению на заседании кафедры 11 марта 2014 г., протокол № 3..

Автор – составитель программы,
д.ф.-м.н., профессор



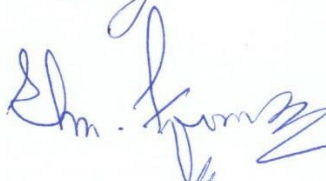
А. А. Клещёв

Заведующий кафедрой физики,
д.ф.-м.н., профессор



Ф. Ф. Легуша

Декан ФЕН и ГО,
профессор



Е. А. Кротов

Зав. отделом аспирантуры и
докторантуры, доцент, к.т.н.



Т. И. Перегудова