

**Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
ИНСТИТУТ ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ ФИЗИКИ им. Л. Д. Ландау
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК
(ИТФ им. Л. Д. Ландау РАН)**

ПРИНЯТО
Ученым советом
ИТФ им. Л. Д. Ландау РАН
(протокол от «08» апреля 2022г. № 11.)



**ПРОГРАММА
ВСТУПИТЕЛЬНОГО ИСПЫТАНИЯ ДЛЯ ПОСТУПЛЕНИЯ НА
ОБУЧЕНИЯ ПО ПРОГРАММЕ АСПИРАНТУРЫ**

По научной специальности: 1.3.3. Теоретическая физика

Черноголовка 2022

1. Квантовая механика

1. Основные положения квантовой механики. Принцип неопределенности. Принцип суперпозиции. Операторы. Дискретный и непрерывный спектры. Гамильтониан. Стационарные состояния. Гейзенберговское представление. Соотношения неопределенности.
2. Уравнение Шредингера. Основные свойства уравнения Шредингера. Одномерное движение. Одномерный осциллятор. Плотность потока. Квазиклассическая волновая функция. Прохождение через барьер.
3. Момент количества движения. Собственные функции и собственные значения момента количества движения. Четность. Сложение моментов. Разложение Клебша-Гордана.
4. Движение в центральном поле. Сферические волны. Разложение плоской волны. Радиальное уравнение Шредингера. Атом водорода.
5. Теория возмущений. Возмущения, не зависящие от времени. Периодические возмущения. Квазиклассическая теория возмущений.
6. Спин. Оператор спина. Тонкая структура атомных уровней.
7. Тождественность частиц. Симметрия при перестановке частиц. Вторичное квантование для бозонов и фермионов. Обменное взаимодействие.
8. Атом. Состояние электронов атома. Уровни энергии. С амосогласованное поле. Уравнение Томаса-Ферми. Тонкая структура томных уровней. Периодическая система Менделеева.
9. Движение в магнитном поле. Уравнение Шредингера для движения в магнитном поле. Плотность потока в магнитном поле.
10. Столкновения частиц. Общая теория. Формула Бора. Резонансное рассеяние. Столкновение тождественных частиц. Упругое рассеяние при наличии неупругих процессов. Матрица рассеяния. Формула Брейта-Вигнера.

2. Теория поля

1. Заряд в электромагнитном поле. Четырехмерный потенциал поля. Уравнения движения заряда в поле, калибровочная (градиентная) инвариантность. Тензор электромагнитного поля. Преобразование Лоренца для поля. Инварианты поля.
2. Действие для электромагнитного поля. Уравнения электромагнитного поля. Четырехмерный вектор тока. Уравнение непрерывности. Плотность и поток энергии. Тензор энергии-импульса. Тензор энергии-импульса электромагнитного поля.

3. Постоянное электромагнитное поле. Закон Кулона. Электростатическая энергия зарядов. Дипольный момент. Мультипольные моменты. Система зарядов во внешнем поле. Постоянное магнитное поле. Магнитный момент. Теорема Лармора.
4. Электромагнитные волны. Волновое уравнение. Плоские волны. Монохроматическая плоская волна. Спектральное разложение. Поляризационные характеристики излучения. Разложение электростатического поля.
5. Поле движущихся зарядов. Запаздывающие потенциалы. Потенциалы Лиенара-Вихерта. Излучение электромагнитных волн. Поле системы зарядов на далеких расстояниях. Мультипольное излучение. Излучение быстродвижущегося заряда. Рассеяние свободными зарядами.
6. Движение частицы в гравитационном поле. Метрика. Ковариантное дифференцирование. Символы Кристоффеля. Действие для частицы в гравитационном поле.
7. Уравнения гравитационного поля. Тензор кривизны. Действие для гравитационного поля. Тензор энергии-импульса. Уравнения Эйнштейна.
8. Нерелятивистский предел уравнений Эйнштейна. Закон Ньютона. Центральное-симметричное гравитационное поле. Метрика Шварцшильда. Гравитационный коллапс.
9. Наблюдаемые эффекты ОТО в ньютоновом и постньютоновом приближении (гравитационное красное смещение, отклонение луча света, задержка сигнала, прецессия гироскопа, прецессия орбит планет). Гравитационные линзы.
10. Релятивистская космология. Открытая, закрытая и плоская модели. Закон Хаббла. Расширение Вселенной на радиационно-доминированной, пылевидной и вакуум-доминированной стадиях.
11. Физические процессы в ранней Вселенной. Закалка нейтрино. Первичный нуклеосинтез. Рекомбинация, реликтовые фотоны.

3. Статистическая физика

1. Основные принципы статистики. Функция распределения и матрица плотности. Статистическая независимость. Теорема Лиувилля. Роль энергии. Закон возрастания энтропии. Микроканоническое распределение. Распределение Гиббса. Распределение Гиббса с переменным числом частиц.
2. Термодинамические величины. Температура. Работа и количество тепла. Термодинамические потенциалы. Термодинамические неравенства. Принцип Ле-Шателье.

Теорема Нернста. Системы с переменным числом частиц. Свободная энергия в распределении Гиббса. Вывод термодинамических соотношений.

3. Термодинамика идеальных газов. Распределение Больцмана. Столкновение молекул. Неравновесный идеальный газ. Закон равнораспределения. Одноатомный идеальный газ.

4. Распределение Ферми и Бозе. Вырожденный идеальный ферми-газ. Свойства вещества при больших плотностях. Вырожденный бозе-газ. Конденсация Бозе-Эйнштейна. Равновесное тепловое излучение. Формула Планка. Светимость абсолютно черного тела.

5. Неидеальные газы и конденсированные среды. Фононные спектры и термодинамические свойства газа. Термодинамические свойства неидеального классического газа.

6. Равновесие фаз. Формула Клапейрона-Клаузиуса. Критическая точка.

7. Системы с различными частицами. Правило фаз. Слабые растворы. Смесь идеальных газов. Смесь изотопов. Химические реакции. Условие химического равновесия. Закон действующих масс. Теплота реакции. Ионизационное равновесие.

8. Слабонеидеальный бозе-газ. Модель Боголюбова. Спектр возбуждений. Сверхтекучесть. Квантовые вихри.

9. Твердые тела. Кристаллические структуры. Поверхность Ферми. Зонная структура. Квазичастицы.

10. Колебания решетки. Теория упругости. Звук в твердых телах. Процессы распада и слияния фононов. Рассеяние фононов на примесях. Кинетическое уравнение для фононов. Теплопроводность.

11. Сверхпроводимость. Куперовское спаривание. Теория Бардина-Купера-Шриффера (БКШ). Теория Лондонов. Теория Гинзбурга-Ландау. Ток, калибровочная инвариантность, квантование потока. Сверхпроводники первого и второго рода. Эффект Джозефсона.

12. Флуктуации. Распределение Гиббса. Флуктуации основных термодинамических величин. Формула Пуассона. Временные флуктуации. Симметрии кинетических коэффициентов. Флуктационно-диссипативная теорема.

13. Фазовые переходы второго рода. Теория Ландау. Критические индексы. Масштабная инвариантность. Флуктуации в окрестности критической точки.

4. Гидродинамика

1. Основные уравнения гидродинамики Уравнения вязкой и невязкой жидкостей, граничные

условия. Учёт эффектов теплопроводности. Сохранение циркуляции скорости и уравнение

Бернулли. Законы динамического подобия.

2. Волны в гидродинамике вращающихся и невращающихся течений

Поверхностные волны. Волны Пуанкаре. Волны Россби.

3. Звуковые и ударные волны

Звуковые волны, энергия и импульс звуковых волн, автомодельные решения. Условия

Ранкина-Гюгонио на разрыве, задача распада разрыва

4. Гидродинамическая устойчивость и турбулентность

Методы исследования гидродинамических течений на устойчивость. Понятие пограничного слоя. Порог неустойчивости. Слабонадкритическая теория. Развитая турбулентность.

Однородная турбулентность. Теория Колмогорова. Перемежаемость турбулентных течений.

Рейнольдсовское описание турбулентности. Описание турбулентности методом крупных вихрей.

5. Стратифицированные течения

Задача Бенара, конвективная неустойчивость. Устойчивая стратификация. Частота Брента-

Вяйсаля. Внутренние волны. Инерционно-гравитационные волны.

6. Гидродинамика горения

Медленное горение. Детонация. Распространение детонационной волны. Фронт горения.

Устойчивость горения.

7. Релятивистская гидродинамика

Уравнения релятивистской гидродинамики. Ударные волны. Релятивистская турбулентность.

5. Математические методы физики

1. Теория функций комплексного переменного.

2. Вычисление интегралов вычетами.

3. Решение уравнений с помощью контурных интегралов (метод Лапласа).

4. Вычисление асимптотик интегралов.

5. Специальные функции (Лежандра, Бесселя, эллиптические, гипергеометрические, гамма-функции).

Рекомендуемая литература

1. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Квантовая механика. Нерелятивистская теория. М., ФМЛ, 2001.

2. Галицкий В.М., Карнаков Б.М., Коган В.И., Задачи по квантовой механике. М., Наука, 1992.

3. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Теория поля. М., Наука, 2003.

4. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Статистическая физика. Ч.1. М.: ФМЛ, 2001.
5. Лаврентьев М. А., Шабат Б. В., Методы теории функций комплексного переменного, Лань, СП, 2002.
6. Смирнов В. И., Курс высшей математики, Лань, СП. 2008.
7. Бейтмен Г., Эрдейи А., Высшие трансцендентные функции, Лань, СП, 2001.