

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Омский государственный университет им. Ф.М. Достоевского»

«Утверждаю»

Проректор по научной работе

_____ П.В. Прудников

«_____» _____ 2022 г.

Программа вступительного испытания
в аспирантуру по специальности

1.3.3. Теоретическая физика

Омск
2022

1. Механика

1. Уравнения движения. Обобщенные координаты, принцип наименьшего действия, функция Лагранжа. Законы сохранения энергии, импульса, момента импульса.
2. Интегрирование уравнений движения. Одномерное движение, движение в центральном поле.
3. Распад частиц, упругие столкновения. Сечение рассеяния частиц, формула Резерфорда.
4. Малые колебания. Свободные и вынужденные одномерные колебания. Колебания систем со многими степенями свободы. Колебания при наличии трения.
5. Движение твердых тел. Угловая скорость, момент инерции и момент количества движения твердых тел. Уравнение Эйлера.
6. Канонические уравнения, уравнение Гамильтона, скобки Пуассона, действие как функция координат, теорема Лиувилля, уравнение Гамильтона—Якоби, разделение переменных.
7. Принцип относительности. Скорость распространения взаимодействий. Интервал. Собственное время. Преобразование Лоренца. Преобразование скорости. Четырехмерные векторы. Четырехмерная скорость.
8. Релятивистская механика. Принцип наименьшего действия. Энергия и импульс.

2. Электродинамика

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.

3. 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.
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. Самосогласованное поле. Уравнение Томаса—Ферми. Тонкая структура атомных 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.

4. Статистическая физика. Кинетика

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. 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. Вырожденный бозе-газ. Конденсация Бозе-Эйнштейна. Равновесное тепловое излучение. Формула Планка. Излучение абсолютно черного тела.
5. Неидеальные газы и конденсированные среды. Фононные спектры и термодинамические свойства газа. Термодинамические свойства идеального классического газа.
6. Равновесие фаз. Формула Клапейрона-Клаузиуса. Критическая точка.
7. Системы с различными частицами. Правило фаз Гиббса. Смесь идеальных газов.
8. Слабонеидеальный бозе-газ. Модель Боголюбова. Спектр возбудений. Сверхтекучесть.
9. Твердые тела. Кристаллические структуры. Поверхность Ферми. Зонная структура. Квазичастицы. Колебания решетки.
10. Сверхпроводимость. Куперовское спаривание. Теория Бардина-Купера-Шриффера (БКШ). Теория Лондонов. Теория Гинзбурга-Ландау. Сверхпроводники первого и второго рода.
11. Флуктуации. Распределение Гиббса. Флуктуации основных термодинамических величин. Флуктуационная природа фазовых переходов второго рода и ее проявление в рассеянии света вблизи критической точки. Связь интенсивности рассеяния света с корреляционной функцией плотность-плотность. Корреляционная функция в приближении Орнштейна-Цернике. Критический индекс Фишера.
12. Фазовые переходы второго рода. Теория Ландау. Критические индексы. Флуктуации в окрестности критической точки. Многообразие фазовых переходов второго рода и универсальность критического поведения систем. Метод ренормализационной группы. Определение и свойства. Малый параметр в теории критических явлений. Верхняя и нижняя критические размерности. Теория возмущений. Динамика критических явлений. Критическое замедление. Теория динамического скейлинга Гальперина-Хоэнберга. Динамический критический индекс.
13. Кинетическая теория газов. Иерархия временных масштабов и стадии эволюции неравновесной системы. Кинетический этап эволюции. Кинетическое уравнение Больцмана. H-теорема. Гидродинамическая стадия эволюции неравновесной системы. Система гидродинамических уравнений и проблема ее замкнутости. Кинетическое уравнение в приближении времени релаксации и его применение к расчету кинетических коэффициентов в уравнениях переноса. Медленные процессы. Уравнение кинетического

баланса. Уравнение Фоккера-Планка. Применение уравнения Фоккера-Планка к описанию брауновского движения.

5. Теория конденсированного состояния

1. Собственные значения и собственные функции оператора трансляции. Симметрия и стационарные состояния кристаллов. Зонная структура.
2. Фононы в ковалентных и молекулярных кристаллах. Фононы в ионных кристаллах:
3. Плазменные колебания в металлах и полупроводниках, длинноволновое приближение. Плазмоны. Приближение хаотических фаз. Экранирование кулоновского взаимодействия электронов.
4. Электроны в периодическом поле. Одноэлектронные состояния. Приближение эффективной массы. Вычисление эффективной массы электрона. Приближенные методы вычисления одноэлектронных состояний: а) приближение почти свободных электронов, б) приближение сильной связи. Вторичное квантование системы электронов. Типы твердых тел. Зонная картина. Изоэнергетические поверхности, плотность электронных состояний.
5. Физическая природа электрон-фононного взаимодействия, эффекты и явления, обусловленные электрон-фононным взаимодействием. Метод потенциала деформации в ковалентных кристаллах. Электрон-фононное взаимодействие в ионных кристаллах. Поляроны. Квазиклассическое описание.
6. Классификация магнитных материалов. Физические свойства магнитных материалов. Обменная теория магнетизма. Модель Гейзенберга, ХУ-модель, модель Изинга. Спиновые волны в ферромагнетиках. Магноны. Закон дисперсии магнонов в ферромагнетиках. Спиновые волны в антиферромагнетиках. Закон дисперсии магнонов в антиферромагнетиках.
7. Типы дефектов структуры. Влияние точечных дефектов структуры кристалла на зонную картину электронного спектра. Влияние точечных дефектов структуры на спектр колебаний решетки. Влияние дефектов структуры на диффузию и ионную проводимость в кристаллах. Влияние поверхности на электронный энергетический спектр. Электронные поверхностные состояния.

Основная литература

- Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Механика. М.: Физматлит, 2001.
- Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Теория поля. М.: Наука, 1988.
- Давыдов А. С. Квантовая механика. М.: Наука, 1973.
- Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Квантовая механика. Нерелятивистская теория. М.: Физматлит, 2001.
- Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Статистическая физика. Ч.1. М.: Физматлит, 2001.
- Румер Ю.Б., Рывкин С.М. Термодинамика, статистическая физика и кинетика. М.: Наука, 1971.
- Квасников И.А. Термодинамика и статистическая физика. Теория равновесных систем. М.: Изд-во МГУ, 1991.
- Квасников И.А. Термодинамика и статистическая физика. Теория неравновесных систем. М.: Изд-во МГУ, 1987.
- Лифшиц Е.М., Питаевский Л.П. Статистическая физика. Ч.2. М.: Наука, 2000.
- Лифшиц Е.М., Питаевский Л.П. Физическая кинетика. М.: Наука, 1979.
- Давыдов А.С. Теория твердого тела.(1976).

Регламент вступительного испытания в аспирантуру по специальности «Теоретическая физика»

Настоящий Регламент устанавливает порядок проведения вступительного испытания, структуру экзаменационного билета, время, отводимое на подготовку, и критерии оценивания ответов.

I. Порядок проведения

1. Вступительное испытание проходит в устной форме по вопросам, представленным в программе вступительного испытания.
2. Экзаменационный билет содержит два вопроса из различных разделов программы.
3. Время, отводимое на подготовку ответов, – 1 астрономический час.
4. На экзамене запрещено использование справочной литературы, конспектов лекций и помощи коллег.
5. Во время подготовки не разрешается пользоваться средствами передачи и обработки информации (мобильные телефоны, калькуляторы, ноутбуки и т.д.).

II. Оценивание ответов

Критерии оценивания:

Оценка выставляется по 100 бальной шкале. За каждый из вопросов максимальная оценка составляет 50 баллов. Общая оценка определяется суммированием оценок за два вопроса.

1. Для получения оценки 40-60 баллов экзаменуемый должен изложить ответ на один из двух вопросов билета и знать основные понятия по второму вопросу. Для получения оценки 60-80 баллов экзаменуемый должен изложить ответы на два вопроса билета. При этом могут отсутствовать выводы основных законов, примеры, иллюстрирующие описываемые явления и т.д.
2. Для получения оценки 80-100 баллов абитуриент должен полно, последовательно изложить ответы на все вопросы билета.
3. Критерием для выставления итоговой оценки менее 40 баллов является полное отсутствие ответа хотя бы на один вопрос или незнание основных законов по обоим вопросам билета.

Оценка дифференцируется в указанных пределах в зависимости от полноты ответа, наличия ответов на дополнительные вопросы по темам, обозначенным в билете, умения оперировать расчетными формами и т.д. При выставлении оценки принимаются во внимание профессиональная грамотность ответа, правильное использование понятий, умение полно, структурированно и логично изложить материал.

1. Выставленные оценки заверяются подписями членов экзаменационной комиссии. После оформления протокола вступительного испытания оценки доводятся до сведения поступающих в аспирантуру и даются пояснения по суммарному баллу.
2. Получившие оценки от 30 баллов и выше считаются успешно сдавшими вступительное испытание.