ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ УНИТАРНОЕ ПРЕДПРИЯТИЕ

«ВСЕРОССИЙСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ МЕТРОЛОГИЧЕСКОЙ СЛУЖБЫ»

(ФГУП «ВНИИМС»)

**УТВЕРЖДАЮ**

Директор ФГУП «ВНИИМС»

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_А.Ю. Кузин

«\_\_\_» \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_201 г.

**ПРОГРАММА**

**вступительного экзамена в аспирантуру**

**по направлению 03.06.01**

**«Физика и астрономия»**

**по специальности**

«Теоретическая физика»

**ВВЕДЕНИЕ**

Программа вступительного экзамена по направлению «Физика и астрономия» включает разделы программ вступительного экзамена по профилю «Теоретическая физика».

1.КЛАССИЧЕСКАЯ АНАЛИТИЧЕСКАЯ МЕХАНИКА

Уравнения Лагранжа второго рода для голономных систем. Потенциальные, гироскопические и диссипативные силы. Диссипативная функция Релея. Функция Гамильтона. Принцип Гамильтона-Остроградского. Уравнение Гамильтона-Якоби. Переменные действие-угол.

2.КЛАССИЧЕСКАЯ ЭЛЕКТРОДИНАМИКА

Принцип относительности и релятивистская механика. Преобразование Лоренца. Четырехмерное векторное и тензорное описание физических величин. Четырехмерный потенциал поля, тензор электромагнитного поля. Ковариантная запись уравнения движения точечного заряда.

Движение заряда в постоянном электромагнитном поле. Движение релятивистского заряда в поле электромагнитной волны - интегрирование уравнения Гамильтона-Якоби.

Уравнения электромагнитного поля. Микроскопические уравнения Максвелла. Законы сохранения энергии и заряда. Тензор энергии-импульса.

Постоянное электромагнитное поле. Уравнения электростатики и магнитостатики. Метод функции Грина. Поле, создаваемое системой зарядов и стационарных токов на далеких расстояниях. Мультипольные моменты.

Свободные электромагнитные волны. Монохроматическая плоская волна, типы поляризации. Немонохроматический и частично поляризованный свет. Время когерентности, продольная и поперечная длина когерентности, объем когерентности. Корреляционные функции первого и второго порядка. Сравнительный анализ интерферометров Майкельсона и Брауна Твисса. Явления дифракции.

Излучение электромагнитных волн. Запаздывающие потенциалы. Излучение точечного заряда, двигающегося произвольным образом. Излучение электрического и магнитного диполей, и электрического квадруполя. Сферический и цилиндрический резонаторы. Задача Дебая - Ми. Тормозное излучение. Классическая теория рассеяния света на атомах.

Макроскопический подход в описании электромагнитного поля в материальных средах. Тензор диэлектрической проницаемости, временная и пространственная дисперсия. Дисперсионные соотношения. Простейшие модели поляризуемости вещества. Эффекты локального поля, формула Лорентц-Лоренца.

Отражение и преломление волн на границе диэлектрической среды. Формулы Френеля. Эффекты полного внутреннего отражения, поверхностные волны. Распространение электромагнитного поля в проводнике, эффект скинирования, поверхностный импеданс и граничное условие Леонтовича. Распространение волн в анизотропных диэлектрических средах, двойное лучепреломление. Излучение Вавилова-Черенкова.

Магнитное поле в магнетиках. Гипотеза Ампера и токи намагниченности. Магнитный момент и вектор намагниченности. Диамагнетизм, парамагнетизм и ферромагнетизм вещества. Критическая точка Кюри фазового перехода в ферромагнитное состояние. Формула Кюри-Вейса, спиновые домены.

3.КВАНТОВАЯ МЕХАНИКА

Основные понятия квантовой механики. Уравнение Шредингера, принцип неопределенности. Операторное и матричное описание наблюдаемых величин. Простые системы: гармонический осциллятор, периодический потенциал, движение в кулоновском поле. Квазиклассическое приближение.

Эквивалентность подходов Шредингера и Гейзенберга в описании квантовой динамики. Метод матрицы плотности как основа описания многочастичных систем, взаимодействующих с термостатом. Основы метода вторичного квантования для описания сложных коллективных систем с внутренним взаимодействием. Элементарные возбуждения и формализм функции Грина. Квантовое описание макроскопических систем - конденсированная фаза вещества, конденсация Бозе-Эйнштейна,

Квантовая задача рассеяния. Квантовая теория рассеяния, включающая формализм S и T матриц. Фазовая теория рассеяния на потенциале. Формула Борна. Резонансное рассеяние.

4. СТАТИСТИЧЕСКАЯ ФИЗИКА И ТЕРМОДИНАМИКА

Основные принципы статистической физики. Эргодическая гипотеза, статистический ансамбль и статистическое распределение. Матрица плотности. Статистическая сумма и свободная энергия связь с термодинамическими потенциалами. Термодинамическое описание простых систем, таких как классический и квантовый идеальный газ. Вириальное разложение. Фазовое равновесие, правило фаз Гиббса. Химическое и ионизационное равновесие. Формула Саха. Тепловые свойства твердых тел. Теория Дебая

Кинетическая теория. Классическое кинетическое уравнение Больцмана, квантовое кинетическое уравнение.

5 .РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Г. Голдстейн. Классическая механика М: Наука 1975
2. Л.Д. Ландау, Е.М. Лифшиц. Курс теоретической физики. T.I-X М.Наука 2010
3. В.А. Фок Начала квантовой механики М: Наука 1976
4. Р. Кубо Статистическая механика и термодинамика, М: Мир 1967
5. Дж. Джексон. Классическая электродинамика М: Мир 1965
6. А. Мессиа. Квантовая механика М: Наука 1978

6. ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. В.А. Фок Теория пространства и времени М.: ГИТТЛ, 1955
2. В.В. Батыгин, И.Н. Топтыгин. Современная электродинамика ч.1,2 М: Наука 2003
3. Р. Ньютон. Теория рассеяния волн и частиц М: Мир 1969

7.СПИСОК ВОПРОСОВ К ЭКЗАМЕНУ

Классическая механика

1. Принцип Даламбера. Уравнения Лагранжа второго рода.
2. Принцип наименьшего действия. Интегралы движения, связанные с симметрией функции Лагранжа.
3. Движение в центральном поле. Задача КеплераДвижение твердого тела. Уравнения Эйлера.
4. Уравнения Гамильтона.
5. Канонические преобразования. Скобки Лагранжа и скобки Пуассона.
6. Теорема Лиувилля.
7. Задача рассеяния. Пример: формула Резерфорда.
8. Свободные и вынужденные колебания вблизи равновесия. Параметрический резонанс.
9. Уравнение Гамильтона-Якоби. Метод разделения переменных.
10. Переменные действие-угол для одномерного периодического движения. Адиабатический инвариант.

Классическая электродинамика

1. Принцип относительности. Преобразования Лоренца
2. Релятивистское уравнение движения точечного заряда. Ковариантная форма записи уравнения.
3. Интеграл действия. Построение микроскопических уравнений Максвелла из принципа наименьшего действия.
4. Законы сохранения. Тензор энергии-импульса.
5. Функция Грина для уравнения Пуассона.
6. Поле, создаваемое системой зарядов на далеких расстояниях. Мультипольные моменты.
7. Магнитное поле, создаваемое системой стационарных токов. Закон Био-Савара.
8. Энергия магнитного поля. Коэффициенты индукции.
9. Плоские электромагнитные волны. Поляризация волн.
10. Явления когерентности и интерференции. Корреляционная функция поля.
11. Формула Кирхгофа. Явления дифракции.
12. Запаздывающие потенциалы. Излучение точечного заряда, двигающегося произвольным образом.
13. Потери энергии при излучении. Сила радиационного торможения.
14. Рассеяние света гармоническим осциллятором.
15. Макроскопические уравнения Максвелла.
16. Диэлектрическая проницаемость. Соотношения Крамерса-Кронинга.
17. Формула Лорентц-Лоренца
18. Распространение волн в прозрачной диэлектрической среде.
19. Отражение и преломление волн. Формулы Френеля. Эффект полного внутреннего отражения. Поляризация волн при отражении. Угол Брюстера.
20. Распространение волн в проводящей среде. Поверхностный импеданс и граничное условие Леонтовича.
21. Распространение волн в анизотропных диэлектрических средах, двойное лучепреломление.
22. Излучение Вавилова-Черенкова.

Квантовая механика

1. Волновая функция. Уравнение Шредингера.
2. Соотношение неопределенности. Вероятностная интерпретация волновой функции и операторное описание физических наблюдаемых. Теорема Вейля.
3. Квантовый формализм в картине Гейзенберга.
4. Атом водорода. Дискретный и непрерывный спектр.
5. Стационарная теория возмущений, в том числе, и при наличии вырождения.
6. Нестационарная теория возмущений. «Золотое правило» Ферми.
7. Квазиклассическое приближение. Отражение от барьера. Явление Стокса.
8. Метод вторичного квантования.
9. Системы взаимодействующих частиц. Метод функции Грина.
10. Многоэлектронный атом. Метод Хартри-Фока.
11. Тонкая и сверхтонкая структура атомных уровней.
12. Атом во внешнем поле. Эффекты Штарка и Зеемана.
13. Движение в периодическом потенциале. Теорема Блоха.
14. Задача рассеяния в квантовой механике. Амплитуда и сечение рассеяния.
15. Формула Факсена-Хольцмарка.
16. Приближение Борна. Формула Резерфорда.
17. Рассеяние при низких энергиях. Резонансное рассеяние.
18. Квазиклассическое приближение в задаче рассеяния.
19. Общий формализм теории рассеяния. S- и T- матрицы в задаче рассеяния.

Статистическая физика и термодинамика

1. Статистические распределения в классической статистике.
2. Понятие энтропии. Условие термодинамического равновесия. Связь температуры с энтропией системы.
3. Статистическое описание в квантовой статистике. Матрица плотности.
4. Термодинамические потенциалы и основное термодинамическое соотношение.
5. Принцип возрастания энтропии. Неравенство Клаузиуса.
6. Системы с переменным числом частиц. Химический потенциал.
7. Условие равновесия фаз. Правило фаз Гиббса.
8. Фазовые переходы первого рода. Формула Клапейрона-Клаузиуса.
9. Вириальное разложение. Уравнение Ван-дер-Ваальса.
10. Химическое и ионизационное равновесие. Формула Саха.
11. Тепловые свойства твердых тел. Теория Дебая.
12. Теория Ландау для фазовых переходов второго рода.
13. Кинетическое уравнение Больцмана.
14. Вывод уравнений гидро- и газодинамики из уравнения Больцмана.
15. Квантовое кинетическое уравнение. Пример - система уравнений Максвелла-Блоха.