

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РФ  
МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ, НАУКИ, КУЛЬТУРЫ И СПОРТА РА  
ГОУ ВПО РОССИЙСКО-АРМЯНСКИЙ (СЛАВЯНСКИЙ) УНИВЕРСИТЕТ

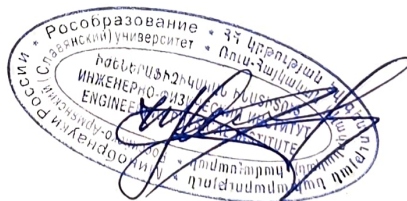
Инженерно-физический институт  
Кафедра Общей физики и квантовых наноструктур

ПРОГРАММА ВСТУПИТЕЛЬНОГО ЭКЗАМЕНА  
В АСПИРАНТУРУ ПО СПЕЦИАЛЬНОСТИ

1.3.11 (Ц.04.10) - «Физика полупроводников»

Утверждено кафедрой Общей физики и квантовых наноструктур  
Протокол № 05 от 04.02.2025 г.

зав. кафедрой Общей физики  
и квантовых наноструктур



Д.Б. Айрапетян

## Аннотация

В рамках данной специальности исследуются основные законы и явления общего курса физики, а именно механики, молекулярной физики, термодинамики, статистической физики, электродинамики, специальной теории относительности, оптики, квантовой механики и атомной физики, ядерной физики. Составной частью специальности 01.04.10 является овладение различными приемами и методами решения конкретных задач из различных областей физики, помогающих в дальнейшем применять полученные навыки для решения практических задач полупроводниковой физики. Данная специальность способствует формированию умения выделить конкретное физическое содержание в прикладных задачах будущей специальности.

## **I. Механика**

1. Динамика материальной точки. Законы Ньютона. Принцип относительности Галилея. Неинерциальные системы отсчета.
2. Законы сохранения энергии, импульса и момента импульса. Их связь со свойствами пространства и времени.
3. Динамика твердого тела. Кинетическая энергия вращательного движения. Момент импульса твердого тела. Физический маятник.
4. Упругие тела. Упругие напряжения. Энергия упругой деформации. Упругие константы изотропных тел и связь между ними. Упругие свойства реальных тел (предел упругости, пластические деформации).
5. Малые одномерные колебания. Вынужденные колебания. Затухающие колебания. Вынужденные колебания при наличии трения. Резонанс. Колебания систем со многими степенями свободы. Нормальные координаты и собственные частоты.
6. Принцип наименьшего действия в механике. Уравнения Лагранжа. Функция Лагранжа свободной частицы. Функция Лагранжа системы частиц. Представление состояния с помощью координат и импульсов. Функция Гамильтона. Уравнения Гамильтона. Действие как функция координат. Уравнение Гамильтона—Якоби. Классические скобки Пуассона.
7. Задача двух тел в классической механике. Приведенная масса. Движение в центральном поле. Кеплерова задача.

## **Литература**

1. Л. Ландау, Е. Лифшиц, Механика, М., Наука, 1973.

2. Голдстейн, Классическая механика, М., Наука, 1975.
3. Д.В. Сивухин, Общий курс физики, т.1, М., Наука, 1974.
4. И.Е.Иродов, Основные законы механики. Москва, ВШ 1985.
5. И.И. Савельев, Курс общей физики, т.1, Москва, ВШ 2003.

## **II. Молекулярная физика. Термодинамика. Статистическая физика.**

1. Основные положения статистической физики. Фазовое пространство. Микроскопическое описание макроскопической системы. Теорема сохранения фазового объема. Функция распределения. Статистическое усреднение. Статистическая независимость.
2. Микроканоническое распределение. Каноническое распределение Гиббса. Распределение Гиббса для системы с переменным числом частиц.
3. Идеальный газ. Распределение Максвелла. Распределение частиц по абсолютным значениям скоростей. Наивероятная, среднеквадратичная, средняя (арифметическая) скорости. Закон равномерного распределения. Теория теплоемкости идеального газа (одноатомный и многоатомный газ). Идеальный газ во внешнем поле. Барометрическая формула.
4. Явления переноса в газах. Число столкновений, средняя длина свободного пробега. Эффективное сечение рассеяния. Диффузия, внутреннее трение и теплопроводность в газах. Броуновское движение. Связь между коэффициентом диффузии и подвижностью.
5. Термодинамика. Внутренняя энергия системы. Теплота и работа. Первый закон термодинамики. Энтропия. Адиабатический процесс. Теплоемкость при разных процессах. Закон возрастания энтропии. Второй закон термодинамики (определения Томсона и Клаузиуса). Третий закон термодинамики (теорема Нернста).
6. Термодинамические потенциалы. Связь между теплоемкостями. Термодинамические неравенства. Условие устойчивости термодинамической системы. Расчет свободной энергии. Термодинамические потенциалы идеального газа.
7. Реальный газ. Уравнение Ван-дер-Ваальса. Эффект Джоуля-Томсона и сжижение газов. Зависимость термодинамических величин от числа частиц. Химический потенциал.
8. Теория флуктуаций. Распределение Гаусса. Флуктуации основных термодинамических величин (температура, объем, давление, число частиц и др.).
9. Квантовая статистика. Распределения Ферми-Дирака и Бозе-Эйнштейна. Вырожденный ферми-газ. Электронный газ в металлах. Бозе-эйнштейновская конденсация. Тепловое излучение. Абсолютно черное тело. Закон Кирхгофа. Формула Планка. Закон Стефана Больцмана. Закон смещения Вина.

10. Плазма. Характеристики плазмы. Квазинейтральность. Плазменная частота. Радиус Дебая. Параметры плазмы.
11. Твердое тело. Кристаллические и аморфные тела. Виды связи в твердых телах (вандерваальсовская, ионная, ковалентная, металлическая). Классическая теория теплоемкости твердых тел. Теории теплоемкости твердых тел Эйнштейна и Дебая.
12. Основные представления зонной теории твердого тела. Теорема Блоха. Энергетические зоны. Металлы, диэлектрики, полупроводники.
13. Макроскопические квантовые явления. Сверхпроводимость. Эффект Мэйснера. Куперовские пары. Понятие о теории БКШ. Понятие о высокотемпературной сверхпроводимости.

### **Литература**

1. Л. Д. Ландау, Е.М. Лифшиц, Статистическая физика, ч.1, т.5, М., Наука, 1976.
2. Л. Д. Ландау, Е.М. Лифшиц, Статистическая физика, т.9, ч.2, М., Наука, 1978.
3. Д.В. Сивухин, Общий курс физики, т.2, М., Наука, 1974.
4. Керзон Хуанг, Статистическая механика, М., Мир, 1966.
5. Л. Д. Ландау, Е.М. Лифшиц, Физическая кинетика, т.10, М., Наука, 1979.
6. Александров, Богданкевич, Рухадзе, Основы электродинамики плазмы, М., Высшая школа, 1978.
7. Р. Фейнман, Статистическая механика, М., Мир, 1975.
8. И.И. Савельев, Курс общей физики, т.1, Москва, ВШ 2003.

### **III. Электродинамика**

1. Электростатическое поле. Теорема Гаусса. Электростатический потенциал. Граничные условия на поверхности проводников. Электроемкость. Конденсаторы. Энергия электростатического поля.
2. Диэлектрики в электростатическом поле. Поляризация диэлектриков. Теорема Гаусса для диэлектриков. Поляризуемость и диэлектрическая проницаемость. Вектор электрической индукции. Граничные условия для нормальной компоненты индукции. Граничные задачи электростатики. Метод инверсии. Четвертое уравнение Максвелла. Механизмы поляризации диэлектриков: поляризация неполярных и полярных диэлектриков. Понятие о пьезо-, пиро- и сегнетоэлектричестве.
3. Взаимодействие токов. Закон Био-Савара-Лапласа. Магнитное поле тока. Сила Лоренца.

4. Опытное описание диа-, пара- и ферромагнетизма. Магнитные свойства атомов. Классическое объяснение диамагнетизма. Теория парамагнетизма Ланжевена. Гироманитные явления. Теория ферромагнетизма Вейса.
5. Явление электромагнитной индукции, закон Фарадея. Правило Ленца. Дифференциальная форма закона электромагнитной индукции. Второе уравнение Максвелла. Индуктивность проводников. Индуктивность и взаимная индуктивность. Магнитная энергия тока. Плотность энергии магнитного поля.
6. Уравнение колебательного контура. Свободные и затухающие колебания в контуре. Работа баллистического гальванометра. Вынужденные колебания. Резонанс. Переходные процессы. Закон Ома для цепи переменного тока. Емкостное и индуктивное сопротивления. Правила Кирхгофа для переменного тока. Трансформатор.
7. Ток смещения. Система уравнений Максвелла в интегральной и дифференциальной формах. Закон сохранения заряда. Материальные уравнения. Граничные условия.
8. Уравнения Максвелла без тока смещения. Скин эффект. Волновое уравнение. Плоские электромагнитные волны. Излучение движущегося точечного заряда. Затухание при излучении. Понятие о черенковском, переходном и дифракционном излучениях. Понятие о давлении и импульсе электромагнитной волны. Принципы радиосвязи.

### **Литература**

1. И.Е. Тамм, Теория электричества, М., Физматлит, 2008.
2. Калашников, Электричество, М. Физматлит, 2003.
3. Д.В. Сивухин, Общий курс физики, Электричество, т.3, М., Наука, 1986.
4. Л. Д. Ландау, Е.М. Лифшиц, электродинамика сплошных сред, т.8, М., Наука, 1982.
5. И.И. Савельев, Курс общей физики, т.2 , Москва, ВШ, 2004.

### **IV. Специальная теория относительности**

1. Скорость света и методы ее измерения. Опыты Физо и Майкельсона. Постулаты специальной теории относительности. Преобразования Лоренца. Закон сложения релятивистских скоростей. Интервал и собственное время. Инвариантность физических явлений по отношению к преобразованиям Лоренца.
2. Импульс, энергия и масса релятивистской частицы. Уравнение движения релятивистской частицы.

## Литература

1. Л.Д. Ландау, Е.М. Теория поля, т.2, М., Наука, 1973.
2. Д.В. Сивухин, Общий курс физики, Электричество, т.3, М., Наука, 1986.
3. И.Е.Иродов. Основные законы механики. Москва, ВШ, 1985.

## V. Оптика

1. Свет как электромагнитная волна. Шкала электромагнитных волн. Методы получения и исследования электромагнитных волн оптического диапазона. Оптика движущихся сред. Эффект Доплера.
2. Основные законы геометрической оптики. Принцип Ферма. Отражение и преломление света. Энергетические характеристики преломления и отражения. Формулы Френеля. Закон Брюстера. Явление полного отражения. Волноводы. Прохождение света через линзу и призму.
3. Интерференция света и методы ее наблюдения. Интерферометр Майкельсона. Явление дифракции. Дифракция от двух щелей, дифракционная решетка, дифрактометры. Когерентность.
4. Явление дисперсии света. Нормальная и аномальная дисперсии, методы их наблюдений. Электронная теория дисперсии. Связь между аномальной дисперсией и коэффициентом поглощения.
5. Поляризация света и методы ее наблюдения. Вращение плоскости поляризации. Естественная оптическая активность. Вращение плоскости поляризации в магнитном поле. Эффект Фарадея. Эффект Керра. Распространение света в одноосных кристаллах. Двойное лучепреломление.
6. Фотоэффект. Теория Эйнштейна объясняющая фотоэффект. Определение постоянной Планка.
7. Нелинейные оптические явления. Внутриаомные поля, порядок их величины. Модель ангармонического осциллятора в нелинейной оптике. Нелинейная восприимчивость.
8. Основные нелинейные оптические явления, генерация второй гармоники, длина когерентности. Условие синхронизма.

## Литература

1. Е.И. Бутиков, Оптика, М., Высшая школа, 1986.

2. Л.В. Тарасов, Введение в квантовую оптику, М., Высшая школа, 1987.
3. Э. Вихман, Берклиевский курс физики, т.4, Квантовая физика, М., Наука, 1974.
4. М. Руссо, Ж.П. Матье, Задачи по оптике, М., мир, 1976.
5. Д.В. Сивухин, Общий курс физики, Оптика, т.4, М., Наука, 1985.
6. Г.С. Ландсберг, Оптика, М., Наука, 1978.
7. И.Е.Иродов, Волновые процессы. Основные законы. Москва, В.Ш., 1999.

## **VI. Квантовая механика и атомная физика**

1. Планетарная модель атома. Постулаты Бора. Опыты Франка и Герца. Излучение возбужденных атомов.
2. Волна Де Бройля, длина дебройлевской волны. Опыты Девисона и Джермера, Томсона и Тартаковского по дифракции электронов. Понятие о волновой функции. Принцип суперпозиции.
3. Эрмитовы операторы, расчеты средних с помощью операторов. Проблема собственных функций и собственных значений. Ортогональность и нормировка волновых функций. Стандартные условия. Соотношения неопределенностей. Принцип соответствия.
4. Уравнение Шредингера. Одномерный гармонический осциллятор, энергетические уровни и волновые функции. Одномерная бесконечно глубокая яма.. Туннельный переход и надбарьерное отражение.
5. Гипотеза Уленбека и Гаудсмита, спин электрона, спиновое квантовое число, его возможные значения. Матрицы Паули.
6. Опыт Штерна-Герлаха. Магнетон Бора.
7. Принцип тождественности. Симметрия волновой функции системы состоящей из одинаковых частиц и ее связь со спином частиц. Фермионы и бозоны. Принцип Паули.
8. Энергетические уровни и волновые функции водородоподобных атомов. Вырождение по орбитальному и магнитному квантовым числам, их причины.
9. Качественная теория гелиеподобных атомов (в рамках соотношения неопределенностей). Двухчастичная спиновая волновая функция. Пара- и ортогелий.
10. Нормальный эффект Зеемана, его классическая теория, поляризация спектральных линий. Аномальный эффект Зеемана: сильные и слабые поля. Эффект Штарка.
11. Рентгеновское излучение. Непрерывный спектр. Коротковолновая граница. Линейчатый (характеристический) спектр, спектральные серии. Закон Мозли.
12. Прохождение рентгеновского излучения через материальную среду. Спектры поглощения рентгеновского излучения. Эффект Комптона.

13. Дифракция рентгеновских лучей. Формулы Лауэ и Брэгга.
14. Периодическая система Менделеева и ее истолкование по квантовой механике. Число состояний при данном значении орбитального главного момента квантового числа.

### Литература

1. Л.Д. Ландау, Е.М. Квантовая механика, т.3, М., Наука, 1974.
2. Э.В. Шпольский, Атомная физика, т.1, М., Наука, 1982.
3. Д.В. Сивухин, Общий курс физики, Атомная и ядерная физика, т.5, ч.1, М., Наука, 1986.
4. И.Е. Иродов, Сборник задач по атомной и ядерной физике, М., Энергоатомиздат., 1985.
5. Э.Ферми, Молекулы и кристаллы. И,Л., Москва 1947.

## VII. Ядерная физика

1. Нейтронно-протонное строение ядра. Свойства ядерных сил.  $\pi$ -мезоны как кванты ядерного взаимодействия. Масса и энергия связи ядра, полуэмпирическая формула Вейцзеккера. Условия устойчивости ядра.
2. Капельная модель ядра, модель независимых частиц, их особенности и пределы применимости. Оболочечная модель ядра. Магические числа и ядерные спины оболочечной модели.
3. Радиоактивность. Условие устойчивости ядер по отношению к  $\alpha$ -,  $\beta$ -,  $\gamma$ -распадам. Статистические законы радиоактивных распадов. Цепочки радиоактивных распадов, вековое уравнение равновесия.
4.  $\alpha$ - радиоактивность атомных ядер: механизм распада, туннельный проход, энергетический спектр  $\alpha$ -распада,  $\beta$ - радиоактивность и  $k$  - захват электронов. Вид энергетического спектра. Законы сохранения при  $\beta$ - распадах и доказательство существования нейтрино.  $\gamma$ - излучение, эффект Мессбауэра.
5. Спонтанное и вынужденное деление ядер. Механизм деления (порог, критическая энергия, баланс деления, коэффициент размножения нейтронов).
6. Цепные реакции. Ядерные реакции. Законы сохранения в реакциях.

### Литература

1. Ю.М. Ширков, Н.И. Юдин, Ядерная физика, М., Наука, 1980.



2. С.В. Скачков и др., Сборник задач по ядерной физике, М., Физматгиз, 1963.
3. Л.Б. Окунь, Физика элементарных частиц, М., Наука, 1988.
4. А.В.Астахов, Ю.М. Широков. Курс физики, т. III, Квантовая физика. ФМ, 1983.

### **Вопросник**

1. Динамика материальной точки. Законы Ньютона. Принцип относительности Галилея. Неинерциальные системы отсчета.
2. Законы сохранения энергии, импульса и момента импульса. Их связь со свойствами пространства и времени.
3. Динамика твердого тела. Кинетическая энергия вращательного движения. Момент импульса твердого тела. Физический маятник.
4. Упругие тела. Упругие напряжения. Энергия упругой деформации. Упругие константы изотропных тел и связь между ними. Упругие свойства реальных тел (предел упругости, пластические деформации).
5. Малые одномерные колебания. Вынужденные колебания. Затухающие колебания.
6. Вынужденные колебания при наличии трения. Резонанс.
7. Колебания систем со многими степенями свободы. Нормальные координаты и собственные частоты.
8. Принцип наименьшего действия в механике. Уравнения Лагранжа. Функция Лагранжа свободной частицы. Функция Лагранжа системы частиц.
9. Представление состояния с помощью координат и импульсов. Функция Гамильтона. Уравнения Гамильтона.
10. Действие как функция координат. Уравнение Гамильтона—Якоби. Классические скобки Пуассона.
11. Задача двух тел в классической механике. Приведенная масса. Движение в центральном поле. Кеплерова задача.

12. Основные положения статистической физики. Фазовое пространство. Микроскопическое описание макроскопической системы. Теорема сохранения фазового объема.
13. Функция распределения. Статистическое усреднение. Статистическая независимость.
14. Микроканоническое распределение. Каноническое распределение Гиббса. Распределение Гиббса для системы с переменным числом частиц.
15. Идеальный газ. Распределение Максвелла. Распределение частиц по абсолютным значениям скоростей. Наивероятная, среднеквадратичная, средняя (арифметическая) скорости.
16. Закон равнораспределения. Теория теплоемкости идеального газа (одноатомный и многоатомный газ). Идеальный газ во внешнем поле. Барометрическая формула.
17. Явления переноса в газах. Число столкновений, средняя длина свободного пробега. Эффективное сечение рассеяния.
18. Диффузия, внутреннее трение и теплопроводность в газах. Броуновское движение. Связь между коэффициентом диффузии и подвижностью.
19. Термодинамика. Внутренняя энергия системы. Теплота и работа. Первый закон термодинамики.
20. Энтропия. Адиабатический процесс. Теплоемкость при разных процессах. Закон возрастания энтропии.
21. Второй закон термодинамики (определения Томсона и Клаузиуса). Третий закон термодинамики (теорема Нернста).
22. Термодинамические потенциалы. Связь между теплоемкостями. Термодинамические неравенства.
23. Условие устойчивости термодинамической системы. Расчет свободной энергии. Термодинамические потенциалы идеального газа.
24. Реальный газ. Уравнение Ван-дер-Ваальса. Эффект Джоуля-Томсона и сжижение газов. Зависимость термодинамических величин от числа частиц. Химический потенциал.

25. Теория флуктуаций. Распределение Гаусса. Флуктуации основных термодинамических величин (температура, объем, давление, число частиц и др.).
26. Квантовая статистика. Распределения Ферми-Дирака и Бозе-Эйнштейна. Вырожденный ферми-газ.
27. Электронный газ в металлах. Бозе-эйнштейновская конденсация.
28. Тепловое излучение. Абсолютно черное тело. Закон Кирхгофа. Формула Планка. Закон Стефана Больцмана. Закон смещения Вина.
29. Плазма. Характеристики плазмы. Квазинейтральность. Плазменная частота. Радиус Дебая. Параметры плазмы.
30. Твердое тело. Кристаллические и аморфные тела. Виды связи в твердых телах (вандерваальсовская, ионная, ковалентная, металлическая).
31. Классическая теория теплоемкости твердых тел. Теории теплоемкости твердых тел Эйнштейна и Дебая.
32. Основные представления зонной теории твердого тела. Теорема Блоха. Энергетические зоны. Металлы, диэлектрики, полупроводники.
33. Макроскопические квантовые явления. Сверхпроводимость. Эффект Мэйснера. Куперовские пары. Понятие о теории БКШ. Понятие о высокотемпературной сверхпроводимости.
34. Электростатическое поле. Теорема Гаусса. Электростатический потенциал. Граничные условия на поверхности проводников.
35. Электроемкость. Конденсаторы. Энергия электростатического поля.
36. Диэлектрики в электростатическом поле. Поляризация диэлектриков. Теорема Гаусса для диэлектриков. Поляризуемость и диэлектрическая проницаемость.
37. Вектор электрической индукции. Граничные условия для нормальной компоненты индукции. Граничные задачи электростатики. Метод инверсии.
38. Механизмы поляризации диэлектриков: поляризация неполярных и полярных диэлектриков. Понятие о пьезо-, пиро- и сегнетоэлектричестве.

39. Взаимодействие токов. Закон Био-Савара-Лапласа. Магнитное поле тока. Сила Лоренца.
40. Опытное описание диа-, пара- и ферромагнетизма. Магнитные свойства атомов. Классическое объяснение диамагнетизма.
41. Теория парамагнетизма Ланжевена. Гиромагнитные явления. Теория ферромагнетизма Вейса.
42. Явление электромагнитной индукции, закон Фарадея. Правило Ленца. Дифференциальная форма закона электромагнитной индукции. Второе уравнение Максвелла.
43. Индуктивность проводников. Индуктивность и взаимная индуктивность. Магнитная энергия тока. Плотность энергии магнитного поля.
44. Уравнение колебательного контура. Свободные и затухающие колебания в контуре. Работа баллистического гальванометра.
45. Вынужденные колебания. Резонанс. Переходные процессы. Закон Ома для цепи переменного тока.
46. Емкостное и индуктивное сопротивления. Правила Кирхгофа для переменного тока. Трансформатор.
47. Ток смещения. Система уравнений Максвелла в интегральной и дифференциальной формах. Закон сохранения заряда. Материальные уравнения. Граничные условия.
48. Уравнения Максвелла без тока смещения. Скин эффект. Волновое уравнение. Плоские электромагнитные волны.
49. Излучение движущегося точечного заряда. Затухание при излучении. Понятие о черенковском, переходном и дифракционном излучениях.
50. Скорость света и методы ее измерения. Опыты Физо и Майкельсона. Постулаты специальной теории относительности. Преобразования Лоренца.
51. Закон сложения релятивистских скоростей. Интервал и собственное время. Инвариантность физических явлений по отношению к преобразованиям Лоренца.
52. Импульс, энергия и масса релятивистской частицы. Уравнение движения релятивистской частицы.

53. Свет как электромагнитная волна. Шкала электромагнитных волн. Методы получения и исследования электромагнитных волн оптического диапазона.
54. Оптика движущихся сред. Эффект Доплера.
55. Основные законы геометрической оптики. Принцип Ферма. Отражение и преломление света. Энергетические характеристики преломления и отражения. Формулы Френеля.
56. Закон Брюстера. Явление полного отражения. Волноводы. Прохождение света через линзу и призму.
57. Интерференция света и методы ее наблюдения. Интерферометр Майкельсона. Явление дифракции. Дифракция от двух щелей, дифракционная решетка, дифрактометры. Когерентность.
58. Явление дисперсии света. Нормальная и аномальная дисперсии, методы их наблюдений. Электронная теория дисперсии. Связь между аномальной дисперсией и коэффициентом поглощения.
59. Поляризация света и методы ее наблюдения. Вращение плоскости поляризации. Естественная оптическая активность. Вращение плоскости поляризации в магнитном поле.
60. Эффект Фарадея. Эффект Керра. Распространение света в одноосных кристаллах. Двойное лучепреломление.
61. Фотоэффект. Теория Эйнштейна объясняющая фотоэффект. Определение постоянной Планка.
62. Нелинейные оптические явления. Внутриатомные поля, порядок их величины. Модель ангармонического осциллятора в нелинейной оптике. Нелинейная восприимчивость.
63. Основные нелинейные оптические явления, генерация второй гармоники, длина когерентности. Условие синхронизма.
64. Планетарная модель атома. Постулаты Бора. Опыты Франка и Герца. Излучение возбужденных атомов.

65. Волна Де Бройля, длина дебройлевской волны. Опыты Девисона и Джермера, Томсона и Тартаковского по дифракции электронов. Понятие о волновой функции. Принцип суперпозиции.
66. Эрмитовы операторы, расчеты средних с помощью операторов. Проблема собственных функций и собственных значений. Ортогональность и нормировка волновых функций. Стандартные условия. Соотношения неопределенностей. Принцип соответствия.
67. Уравнение Шредингера. Одномерный гармонический осциллятор, энергетические уровни и волновые функции. Одномерная бесконечно глубокая яма.
68. Туннельный переход и надбарьерное отражение.
69. Гипотеза Уленбека и Гаудсмита, спин электрона, спиновое квантовое число, его возможные значения. Матрицы Паули.
70. Опыт Штерна-Герлаха. Магнетон Бора.
71. Принцип тождественности. Симметрия волновой функции системы состоящей из одинаковых частиц и ее связь со спином частиц. Фермионы и бозоны. Принцип Паули.
72. Энергетические уровни и волновые функции водородоподобных атомов. Вырождение по орбитальному и магнитному квантовым числам, их причины.
73. Качественная теория гелиеподобных атомов (в рамках соотношения неопределенностей). Двухчастичная спиновая волновая функция. Пара- и ортогелий.
74. Нормальный эффект Зеемана, его классическая теория, поляризация спектральных линий. Аномальный эффект Зеемана: сильные и слабые поля. Эффект Штарка.
75. Рентгеновское излучение. Непрерывный спектр. Коротковолновая граница. Линейчатый (характеристический) спектр, спектральные серии. Закон Мозли.
76. Прохождение рентгеновского излучения через материальную среду. Спектры поглощения рентгеновского излучения. Эффект Комптона.
77. Дифракция рентгеновских лучей. Формулы Лауэ и Брэгга.

78. Периодическая система Менделеева и ее истолкование по квантовой механике. Число состояний при данном значении орбитального главного момента квантового числа.
79. Нейтронно-протонное строение ядра. Свойства ядерных сил.  $\pi$ -мезоны как кванты ядерного взаимодействия. Масса и энергия связи ядра, полуэмпирическая формула Вейцеккера. Условия устойчивости ядра.
80. Капельная модель ядра, модель независимых частиц, их особенности и пределы применимости. Оболочечная модель ядра. Магические числа и ядерные спины оболочечной модели.
81. Радиоактивность. Условие устойчивости ядер по отношению к  $\alpha$ -,  $\beta$ -,  $\gamma$ -распадам. Статистические законы радиоактивных распадов. Цепочки радиоактивных распадов, вековое уравнение равновесия.
82.  $\alpha$ - радиоактивность атомных ядер: механизм распада, туннельный проход, энергетический спектр  $\alpha$ -распада,  $\beta$ - радиоактивность и  $\kappa$ - захват электронов. Вид энергетического спектра. Законы сохранения при  $\beta$ -распадах и доказательство существования нейтрино.  $\gamma$ -излучение, эффект Мессбауэра.
83. Спонтанное и вынужденное деление ядер. Механизм деления (порог, критическая энергия, баланс деления, коэффициент размножения нейтронов).
84. Цепные реакции. Ядерные реакции. Законы сохранения в реакциях.