



**Министерство науки и высшего образования
Российской Федерации**

Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
**«Калужский государственный университет
им. К.Э. Циолковского»**

**ПРОГРАММА ВСТУПИТЕЛЬНЫХ ИСПЫТАНИЙ,
ПРОВОДИМЫХ УНИВЕРСИТЕТОМ САМОСТОЯТЕЛЬНО
ПО ПРОГРАММАМ ПОДГОТОВКИ НАУЧНО-ПЕДАГОГИЧЕСКИХ
КАДРОВ В АСПИРАНТУРЕ**

1.3. Физические науки

1.3.8. Физика конденсированного состояния

1. Общая физика

Механика

1. Кинематика и динамика материальной точки. Границы применимости ньютоновской механики. Масса и импульс тела. Принцип относительности Галилея. Преобразование Галилея. Законы Ньютона. Виды взаимодействий. Фундаментальные силы. Принцип эквивалентности масс.

2. Законы сохранения. Интегралы движения. Связь законов сохранения со свойствами времени и пространства. Кинетическая энергия. Работа и мощность. Консервативные силы. Потенциальная энергия. Потенциальная яма и потенциальный барьер. Закон сохранения энергии. Закон сохранения импульса. Закон сохранения момента импульсов.

3. Механика твердого тела. Разложение движения твердого тела на поступательное движение и вращение. Движение центра инерции твердого тела. Вращение тела вокруг неподвижной оси. Момент инерции. Кинетическая энергия тела, вращающегося вокруг неподвижной оси.

4. Основы специальной теории относительности и релятивистской механики. Принцип относительности Эйнштейна. Четырехмерное пространство - время. Преобразование Лоренца. Преобразование скоростей. Преобразование импульса и энергии. Частицы с нулевой массой.

5. Колебания. Энергия гармонического колебания. Математический и физический маятник. Сложение колебаний. Свободные колебания. Вынужденные колебания. Резонанс.

Основы молекулярной физики и термодинамики

6. Молекулярно-кинетическая теория о строении вещества. Основное уравнение кинетической теории газов. Основные термодинамические параметры. Уравнение состояния. Равновесный (квазистатический) процесс. Неравновесный процесс. Изопроцессы (изотермический, изохорический, изобарический, адиабатный). Идеальный и реальный газ. Силы молекулярного взаимодействия. Уравнение Ван-дер-Ваальса.

7. Основы статистической физики. Макроскопическая система. Функции распределения вероятностей. Среднее значение и его свойства. Флуктуации. Броуновское движение. Закон Максвелла. Распределение молекул в потенциальном силовом поле - распределение Больцмана. Физический смысл абсолютной температуры.

8. Основы термодинамики. Первый закон (первое начало) термодинамики. Формулировки Клаузиуса и Кельвина второго начала термодинамики (второй закон

термодинамики). Цикл Карно. Энтропия и ее свойства. Свободная энергия. Теорема Нернста (третье начало термодинамики).

9. Конденсированное состояние. Квазикристаллическая структура жидкостей. Поверхностное натяжение. Смачивание. Капиллярные явления. Испарение и конденсация. Плавление и кристаллизация. Уравнение Клайперона-Клаузиуса. Явление переноса в газах и жидкостях: диффузия, теплопроводность, вязкость.

Электродинамика

10. Электростатика. Электрическое поле в вакууме. Закон Кулона. Напряженность электрического поля. Принцип суперпозиции электрических полей. Дискретное и непрерывное распределение электрических зарядов в пространстве. Электрический диполь. Работа кулоновских сил. Потенциал электростатического поля. Теорема Гаусса.

11. Электрическое поле в среде. Проводник во внешнем поле. Напряженность внутри и на поверхности проводника. Электроемкость. Диэлектрик. Полярные и неполярные молекулы. Поляризация диэлектрика. Электрическое смещение. Диэлектрическая проницаемость. Поле в диэлектрике. Энергия электрического поля.

12. Электродинамика. Постоянный электрический ток. Сила и плотность тока. Уравнение непрерывности. Сторонние силы. Электродвижущая сила. Закон Ома. Разветвленные цепи. Правила Кирхгофа. Мощность тока. Закон Джоуля-Ленца.

13. Электрический ток в жидкостях и газах. Условия проводимости жидкости. Катионы и анионы. Электролиты и электролиз. Электролитическая диссоциация. Законы Фарадея. Условия возникновения электропроводности газов. Ионизация и рекомбинация молекул газа. Несамостоятельные и самостоятельные газовые разряды.

14. Магнитное поле постоянного тока в вакууме. Релятивистская природа магнитного поля. Взаимодействие токов. Закон Ампера. Магнитная индукция. Принцип суперпозиции магнитных полей. Закон Био-Савара. Теорема о циркуляции магнитной индукции. Сила Лоренца. Движение заряженных частиц в электрическом и магнитном полях. Контур в магнитном поле. Работа в магнитном поле.

15. Электромагнитная индукция. Закон Фарадея. Правило Ленца. Индуктивность. Энергия магнитного поля. Электрические колебания. Свободные и вынужденные колебания. Резонанс. Квазистационарные токи. Сопротивление, емкость и индуктивность в цепи переменного тока. Мощность переменного тока. Ток смещения. Уравнения Максвелла. Электромагнитные волны. Волновое уравнение.

Оптика.

16. Геометрическая оптика. Закон прямолинейного распространения света. Принцип Ферма. Кардинальные плоскости и точки оптической системы. Построение изображения. Принцип Гюйгенса. Явление интерференции когерентных волн. Дифракция Френеля и дифракция Фраунгофера. Принцип Гюйгенса-Френеля. Дифракция рентгеновских лучей. Формула Брэгга-Вульфа.

17. Физическая оптика. Волновой фронт. Волновое число. Фазовая скорость. Принцип суперпозиции волн. Фотометрические величины и единицы. Поляризованный свет. Закон Малюса. Поляризация при отражении и преломлении. Закон Брюстера. Вращение плоскости поляризации. Дисперсия света. Групповая скорость. Поглощение света. Закон Бугера. Рассеяние света. Закон Рэлея. Эффект Вавилова-Черенкова. Эффект Доплера.

Квантовая физика.

18. Основы квантовой механики. Постулаты Бора. Гипотеза де Броиля. Волновые свойства микрочастиц. Принцип неопределенности. Уравнение Шредингера. Волновая функция. Квантование физических величин. Эффект туннелирования.

19. Физика атомов и молекул. Атом водорода. Атомарные спектры. Квантовые свойства излучения. Принцип Паули. Периодическая система элементов Менделеева. Рентгеновские спектры. Энергия молекул. Комбинационное рассеяние света. Вынужденное излучение. Лазер.

20. Физика атомного ядра и элементарных частиц. Состав и характеристики атомного ядра. Ядерные силы. Радиоактивность. Ядерные реакции. Деление ядер. Фундаментальные взаимодействия. Классификация элементарных частиц. Частицы и античастицы. Кварки. Великое объединение.

Литература

- основная

1. Савельев И.В. Курс общей физики. В 3-х т. М., 1989.
2. Сивухин Д.В. Общий курс физики. В 5-и т. М., 1975-1996.
3. Ландау Л.Д., Ахиезер А.И., Лифшиц Е.М. Курс общей физики. М., 1965.

- дополнительная

1. Базаров И.П. Термодинамика. М., 1976.
2. Борн М. Атомная физика. М., Мир, 1970.
3. Калашников С.Г. Электричество. М., 1997.
4. Кикоин А.К., Кикоин И.К. Молекулярная физика. М., 1976.
5. Корсунский М.И. Оптика, строение атома, атомное ядро. М., 1967.
6. Ландсберг Г.С. Оптика. М., 1976.
7. Мухин . Экспериментальная ядерная физика. В 2-х т. М., 1983.

8. Румер Ю.Б., Рывкин М.Ш. Термодинамика, статистическая физика и кинетика. М., 1977.
9. Соколов Л.А., Тернов И.М. Квантовая механика и атомная физика. М., 1970.
10. Тамм И.Е. Основы теории электричества. М., 1989.
11. Телеснин Р.В. Молекулярная физика. М., 1973.

II. Физика конденсированного состояния

1. Основные понятия о кристаллической структуре

1. Структура кристаллов. Точечная симметрия кристаллов. Пространственная решетка кристалла. Трансляционная симметрия кристаллов. Кристаллографические системы координат. Решетки Бравэ. Индексы Миллера. Обратная решетка кристалла и зоны Бриллюэна.
2. Основные кристаллохимические представления. Гексагональная и кубическая плотная упаковка атомов. Типичные кристаллические структуры. Полиморфизм. Методы определения структуры твердых тел: дифракционный анализ (рентгенография, электронография, нейтронография), электронная микроскопия. Симметрия и физические свойства кристаллов.

2. Межатомное взаимодействие в твердых телах

3. Классификация твердых тел по характеру межатомных взаимодействий. Типы связи: металлическая, ковалентная, ионная, молекулярная (Ван-дер-Ваальса). Электроотрицательность атомов и степень ионности связи. Энергия связи. Направленность и насыщенность связей.
4. Молекулярные кристаллы. Силы Ван-дер-Ваальса и потенциал Ленарда-Джонса. Ионные кристаллы. Теория Борна-Ланде и постоянная Маделунга. Ковалентные кристаллы. Обменное взаимодействие. Гибридизация электронных связей. Металлические кристаллы. Электронный газ и кристаллическая решетка.
5. Фазовые взаимодействия. Твердые растворы, сплавы и соединения химических элементов. Растворы внедрения и замещения. Фазовые превращения. Переход порядок-беспорядок.

3. Дефекты в твердом теле

6. Размерная классификация дефектов. Тепловые (равновесные) точечные дефекты. Вакансии, междуузельные внедрения, примесные атомы. Дефекты по Френкелю и Шоттки. Радиационные (неравновесные) точечные дефекты. Диффузия точечных дефектов.
7. Протяженные дефекты. Линейные дефекты. Краевая, винтовая и смешанная дислокации. Вектор Бюргерса. Напряжения и энергия дислокаций. Источники дислокаций. Поверхностные и объемные дефекты. Дефекты упаковки. Поликристаллические зерна и микропоры. Структурные превращения: рекристаллизация и спекание.

4. Механические свойства твердого тела

8. Напряженное и деформированное состояния. Тензоры напряжений и деформаций. Упругость. Закон Гука для изотропных и анизотропных твердых тел. Пластические свойства и разрушение кристаллов.

5. Тепловые свойства твердого тела

9. Тепловые колебания атомов кристаллической решетки. Оптические и акустические фононы. Фононное рассеяние.
10. Теплоемкость твердых тел. Закон Дюлонга-Пти. Теории теплоемкости Эйнштейна и Дебая. Теплоемкость металлов и вклад свободных электронов.
11. Тепловое расширение твердых тел. Роль ангармонических колебаний атомов.
12. Теплопроводность твердых тел. Механизмы переноса тепла фононами и свободными электронами. Закон Видемана-Франца.
13. Диффузия в твердых телах. Теория диффузии Френкеля. Коэффициент и энергия активации диффузии. Законы диффузии Фика.

6. Основы зонной теории твердого тела

14. Классификация твердых тел по величине электропроводности. Уравнение Шредингера для твердого тела. Одноэлектронное приближение по методу Хартри-Фока и функции Блоха. Волновой вектор электрона в кристалле и зоны Бриллюэна. Поверхность Ферми.
15. Энергетический спектр электронов в кристалле. Методы расчета. Модель Кронига-Пенни. Заполнение зон электронами. Энергия Ферми. Эффективная масса электрона. Энергетические уровни примесных атомов в кристалле.

7. Электрические свойства твердого тела

16. Электропроводность металлов. Правило Матиссена. Остаточное удельное сопротивление. Основные механизмы рассеяния электронов. Контактная разность потенциалов.
17. Электропроводность полупроводников. Собственная и примесная проводимость. Концентрация и подвижность носителей. Электронные и дырочные полупроводники. Примесные зоны и прыжковая проводимость. Электронно-дырочный переход.
18. Электропроводность диэлектриков. Электронная, полярная и ионная проводимости.
19. Твердые тела в сильных электрических полях. Эффект Ганна. Эффект Зинера. Гальваномагнитные явления. Эффект Холла. Эффект Гаусса (магнитосопротивление).

8. Сверхпроводимость

20. Нулевое сопротивление. Температура сверхпроводящего перехода. Эффект Мейснера-Оксенфельда. Критическое магнитное поле. Сверхпроводники 1-го и 2-го рода. Свойства сверхпроводников. Квантование магнитного потока. Эффекты Джозефсона.
21. Теория сверхпроводимости Лондонов. Теория Гинзбурга-Ландау. Притяжение между электронами. Куперовские пары. Теория Бардина-Купера-Шриффера. Высокотемпературная сверхпроводимость.

9. Статические свойства диэлектриков

22. Поляризация диэлектриков. Упругая и тепловая поляризации. Ионная, электронная и дипольная поляризации. Связь между диэлектрической проницаемостью и поляризостью. Частотная зависимость диэлектрической проницаемости. Диэлектрические потери.
23. Вынужденная поляризация диэлектриков. Пьезоэффект. Пироэлектрический эффект.
24. Спонтанная поляризация. Сегнетоэлектричество. Петля гистерезиса и сегнетоэлектрические домены. Точка Кюри и закон Кюри-Вейса.

10. Магнитные свойства твердого тела

25. Классификация магнетиков. Природа диа- и парамагнетизма. Закон Кюри. Диамagnetизм и парамагнетизм твердых тел. Правило Хунда. «Замораживание» магнитных моментов.
26. Природа ферромагнетизма. Молекулярное поле Вейсса. Обменное взаимодействие. Модели ферромагнетизма Френкеля и Гейзенберга. Спиновые волны Блоха. Ферромагнитные домены. Петля магнитного гистерезиса. Магнитная анизотропия. Антиферромагнетизм и ферримагнетизм.
27. Резонансное поглощение веществом энергии в магнитном поле. Электронный парамагнитный резонанс (ЭПР). Ядерный магнитный резонанс (ЯМР). Ферромагнитный резонанс (ФМР).

11. Оптические свойства твердого тела

28. Взаимодействие света с твердым телом. Оптические константы. Механизмы поглощения света кристаллами. Фотопроводимость. Экситонное поглощение.
29. Излучение света твердым телом. Люминесценция. Спонтанное и индуцированное излучение. Лазерный эффект. Твердотельные лазеры.

12. Аморфное твердое тело

30. Дальний и ближний порядок в твердом теле. Структура и энергетический спектр не-кристаллических твердых тел. Аморфные полупроводники. Аморфные металлы.

Литература

- основная

1. Павлов П.В., Хохлов А.Ф. Физика твердого тела. М., 2000.
2. Фистуль В.И. Физика и химия твердого тела. М., 1997.
3. Епифанов Г.И. Физика твердого тела. М., 1977.
4. Вонсовский С.В., Кацнельсон М.И. Квантовая физика твердого тела. М., 1983.
5. Ашкрофт Н., Мермин Н. Физика твердого тела. М., 1979.
6. Блейкмор Дж. Физика твердого тела. М., 1988.
7. Займан Дж. Принципы теории твердого тела. М., 1974.
8. Киттель Ч. Введение в физику твердого тела. М., 1978.
9. Маделунг О. Теория твердого тела. М., 1980.
10. Уэрт Ч., Томсон Р. Физика твердого тела. М., 1966.
11. Слэтер Дж. Диэлектрики. Полупроводники. Металлы. М., 1969.

- дополнительная

1. Блатт Ф. Физика электронной проводимости в твердых телах. М., 1971.
2. Брандт Н.Б., Чудинов С.М. Экспериментальные методы исследования энергетических спектров электронов и фононов в металлах. М., 1983.
3. Буккель В. Сверхпроводимость: основы и приложения. М., 1975.
4. Васильев Д.М. Физическая кристаллография. М., 1981.
5. Гантмахер В.Ф., Левинсон И.Б. Рассеяние носителей тока в металлах и полупроводниках. М., 1984.
6. Гудинаф Д. Магнетизм и химическая связь. М., 1972.
7. Гуревич А.Г., Мелков Г.А. Магнитные колебания и волны. М., 1994.
8. Давыдов А.С. Теория твердого тела. М., 1976.
9. Каллуэй Дж. Теория энергетической зонной структуры. М., 1969.
10. Келли А., Гровс Г. Кристаллография и дефекты в кристаллах. М., 1974.
11. Кринчик Г.С. Физика магнитных явлений. М., 1985.
12. Орлов А.Н. Введение в теорию дефектов в кристаллах. М., 1983.
13. Филипп Дж. Оптические спектры твердых тел. М., 1968.
14. Харрисон У.А. Электронная структура и свойства твердых тел. М., 1983.
15. Ястребов Л.И., Кацнельсон А.А. Основы одноэлектронной теории твердого тела. М., 1981.