

## ПРОГРАММА

вступительных испытаний для поступающих на обучение  
по программе подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре  
по направлению 03.06.01 «Физика и астрономия»  
направленность «Физика конденсированного состояния»

### 1. Общие положения

В основу настоящей программы положены сведения из ряда отраслей наук описывающих актуальные проблемы в области Физики конденсированного состояния. При сдаче вступительного экзамена следует ориентироваться на разделы программ, которые соответствуют профилю образования бакалавриата по направлению 03.03.02 «Физика» и в магистратуре по направлению 03.04.02 «Физика» по программе «Физика конденсированного состояния».

Программа вступительных испытаний составлена на основании требований федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки 03.06.01 «Физика и астрономия» (уровень подготовки кадров высшей квалификации)

К вступительным испытаниям по программе аспирантуру «Физики конденсированного состояния» допускаются лица, имеющие высшее образование уровня магистратуры и специалитета.

2. Вопросы для подготовки к вступительным испытаниям для поступающих на обучение по программе подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре по направлению по направлению 03.06.01 «Физика и астрономия» направленность "Физика конденсированного состояния"

### **Раздел 1. Общая физика**

Основные понятия и определения кинематики и динамики материальной точки. Законы сохранения импульса и момента импульса в механике.

1. Понятие потенциального поля. Потенциальные силы. Потенциальная энергия. Закон сохранения энергии в механике.
2. Основные понятия и законы динамики твёрдого тела. Описание движения твёрдого тела вокруг неподвижной оси.
3. Распределение Максвелла-Больцмана. Барометрическая формула.
4. Теплоёмкость. Теории теплоёмкости идеального газа и твёрдого тела.

5. Основное уравнение молекулярно-кинетической теории. Уравнение состояния идеального газа. Изопроцессы. Энтропия. Основные законы термодинамики.
6. Реальный газ. Изотермы реального газа. Газ Ван – дер – Вальса. Эффект Джоуля - Томсона.
7. Фазовые переходы. Уравнение Клапейрона – Клаузиуса. Равновесие фаз.
8. Процессы переноса: вязкость, диффузия, теплопроводность.
9. Закон Кулона. Принцип суперпозиции. Теорема Гаусса для электрического поля. Потенциал электрического поля. Условия потенциальности поля.
10. Проводники в электрическом поле. Электроёмкость. Конденсаторы. Энергия электрического поля.
11. Постоянный электрический ток. Законы Ома, Джоуля – Ленца, Кирхгофа.
12. Закон Био – Савара – Лапласа. Силы Ампера и Лоренца. Поток и циркуляция вектора магнитной индукции.
13. Закон электромагнитной индукции. Ток смещения. Система уравнений Максвелла.
14. Электромагнитные волны и их характеристики. Принцип суперпозиции волн. Плотность энергии и интенсивность электромагнитной волны.
15. Волновое уравнение. Плоская и сферическая монохроматические световые волны. Энергия и интенсивность электромагнитной волны.
16. Естественный и поляризованный свет. Виды поляризации. Способы получения поляризованного света. Интерференция волн. Методы наблюдения интерференции света. Интерференция в тонких плёнках.
17. Дифракция волн. Дифракция Френеля. Дифракция Фраунгофера на щели. Дифракция на периодических структурах.
18. Физические свойства атомных ядер и элементарных частиц. Основные ядерные модели.
19. Законы и виды ядерного распада. Ядерные реакции. Цепные реакции деления.
20. Реакции синтеза ядер. Источники энергии и эволюция звёзд. Космические лучи.

## **Раздел 2. Физика конденсированного состояния**

1. Электронная структура атомов. Химическая связь и валентность. Типы сил связи в конденсированном состоянии: Ван-дер-ваальсова связь, ионная связь, ковалентная связь, металлическая связь.
2. Примеры кристаллических структур, отвечающих плотным упаковкам шаров: простая кубическая, ОЦК, ГЦК, ГПУ, структура типа CsCl, типа NaCl, структура типа перовскита CaTiO<sub>3</sub>.

3. Основные свойства ковалентной связи. Структура веществ с ковалентными связями. Структура веществ типа селена. Гибридизация атомных орбиталей в молекулах и кристаллах. Структура типа алмаза и графита.
4. Кристаллические и аморфные твердые тела. Трансляционная инвариантность. Базис и кристаллическая структура. Элементарная ячейка. Ячейка Вигнера - Зейтца. Решетка Браве.
5. Обозначения узлов, направлений и плоскостей в кристалле.
6. Обратная решетка, ее свойства. Зона Бриллюэна.
7. Элементы симметрии кристаллов: повороты, отражения, инверсия, инверсионные повороты, трансляции. Операции (преобразования) симметрии.
8. Классификация решеток Браве.
9. Точечные дефекты, их образование и диффузия. Вакансии и межузельные атомы. Дефекты Френкеля и Шоттки.
10. Линейные дефекты. Краевые и винтовые дислокации. Роль дислокаций в пластической деформации.
11. Распространение волн в кристаллах. Дифракция рентгеновских лучей, нейтронов и электронов в кристалле. Упругое и неупругое рассеяние, их особенности.
12. Брэгговские отражения. Атомный и структурный факторы.
13. Колебания кристаллической решетки. Уравнения движения атомов. Простая и сложная одномерные цепочки атомов.
14. Закон дисперсии упругих волн. Акустические и оптические колебания. Квантование колебаний. Фононы. Электрон-фононное взаимодействие.
15. Теплоемкость твердых тел. Решеточная теплоемкость. Электронная теплоемкость. Температурная зависимость решеточной и электронной теплоемкости.
16. Квантовая теория теплоемкости по Эйнштейну и Дебаю. Предельные случаи высоких и низких температур. Температура Дебая.
17. Тепловое расширение твердых тел. Его физическое происхождение. Ангармонические колебания.
18. Теплопроводность решеточная и электронная. Закон Видемана - Франца для электронной теплоемкости и теплопроводности.
19. Электронные свойства твердых тел: основные экспериментальные факты. Проводимость, эффект Холла, термоЭДС, фотопроводимость, оптическое поглощение. Трудности объяснения этих фактов на основе классической теории Друде.
20. Основные приближения зонной теории. Граничные условия Борна - Кармана. Теорема Блоха. Блоховские функции. Квазиимпульс. Зоны Бриллюэна. Энергетические зоны.
21. Приближение сильносвязанных электронов. Связь ширины разрешенной зоны с перекрытием волновых функций атомов. Закон дисперсии.

22. Приближение почти свободных электронов. Брэгговские отражения электронов.
23. Заполнение энергетических зон электронами. Поверхность Ферми. Плотность состояний. Металлы, диэлектрики и полупроводники. Полуметаллы.
24. Магнитные свойства твердых тел. Намагниченность и восприимчивость. Диамагнетики, парамагнетики и ферромагнетики. Законы Кюри и Кюри - Вейсса.
25. Парамагнетизм и диамагнетизм электронов проводимости.
25. Природа ферромагнетизма. Фазовый переход в ферромагнитное состояние. Роль обменного взаимодействия. Точка Кюри и восприимчивость ферромагнетика.
26. Ферромагнитные домены. Причины появления доменов. Доменные границы (Блоха, Нееля).
27. Антиферромагнетики. Магнитная структура. Точка Нееля. Восприимчивость антиферромагнетиков. Ферримагнетики. Магнитная структура ферримагнетиков.
28. Магнитооптические эффекты (эффекты Фарадея, Фохта и Керра). Проникновение высокочастотного поля в проводник.
29. Сверхпроводимость. Критическая температура. Высокотемпературные сверхпроводники. Эффект Мейснера. Критическое поле и критический ток.
30. Сверхпроводники первого и второго рода. Их магнитные свойства. Вихри Абрикосова. Глубина проникновения магнитного поля в образец.

### Литература.

1. Сивухин Д.В. Общий курс физики, т. 1-5, М., 4-е изд., стереот. — М.: ФИЗМАТЛИТ; Изд-во МФТИ, 2005.
2. Савельев И.В. Курс общей физики, т. 1-3. М.-Наука, 1989
3. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Теория поля. М., Наука, 1973.
4. Киттель Ч. Введение в физику твердого тела, М., Наука, 1978.
5. Ашкрофт Н., Мермин Н. Физика твердого тела (в 2-х томах), 1988.
6. Павлов П.В., Хохлов А.Ф. Физика твердого тела. Изд-во Нижегородского ун-та, Нижний Новгород, 1993.
7. Киттель Ч. Квантовая теория твердого тела. М., 1968.
8. А.С.Давыдов. Теория твердого тела. М., Наука, 1976. 640 с.

### Критерии оценивания:

Критерии	Количество баллов
Билет - два вопроса.	Максимальная сумма 5 б.
Полный ответ на вопрос билета.	2
Полный ответ на дополнительные вопросы	1
Неполный ответ на вопрос билета	0-2
Неполный ответ на дополнительные вопросы	0-1