Приложение 11
утверждено
приказом ФИЦ КазНЦ РАН
5.04.2023 № 16-А

Программа вступительного экзамена
при приеме на обучение по образовательным программам высшего образования – программам подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре

по дисциплине:

ФИЗИКА КОНДЕНСИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ

1. Пояснительная записка

Программа вступительного экзамена при приеме на обучение по образовательным программам высшего образования – программам подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре по физике конденсированного состояния разработана в соответствии с государственными образовательными стандартами высшего образования уровней ***специалист***, ***магистр***.

Цель испытаний – определить способность поступающих использовать теоретические основы разделов физики конденсированного состояния при решении профессиональных задач.

Вступительный экзамен по специальной дисциплине проводится в устной форме по вопросам программы. Поступающим предлагаются два основных вопроса из программы, на подготовку ответов отводится один час, тезисы ответа записываются поступающими на бланках ответа. Помимо основных вопросов члены комиссии могут задать поступающим дополнительные вопросы, не требующие длительной подготовки.

2. Программа вступительного экзамена

1. Структура твердых тел

Кристаллические и аморфные тела. Трансляционная симметрия. Элементарная ячейка. Решетки Браве. Точечные и пространственные группы симметрии. Основные типы кристаллических структур. Обратная решетка. Индексы Миллера. Дефекты в кристаллах. Точечные дефекты, их образование и миграция. Вакансии. Междоузельные атомы. Гантели, кроудионы. Комплексы точечных дефектов. Дислокации в кристаллах - краевые, винтовые, смешанные. Вектор Бюргерса. Образование и размножение дислокаций. Полные и частичные дислокации. Дефекты упаковки. Границы зерен и субзерен. Радиационные и закалочные дефекты. Влияние радиационных дефектов и термических воздействий на реальную структуру твердых тел.

2. Основы молекулярной физики и термодинамики

Динамические и статистические закономерности в физике. Статистический и термодинамический методы. Тепловое движение. Макроскопические параметры. Уравнения состояния. Внутренняя энергия. Идеальный газ. Давление и температура. Вероятность и флуктуации. Распределение Максвелла. Распределение Больцмана. Степени свободы молекул. Определение энтропии. Обратимые и необратимые процессы. Первое начало термодинамики. Второе начало термодинамики. Максимальный коэффициент полезного действия тепловой машины. Третье начало термодинамики.

3. Электронные свойства твердых тел.

Кинематическое уравнение. Электро- и теплопроводность. Времена релаксации. Механизм рассеяния электронов. Рассеяние на примесях и дефектах. Электрон-фононные столкновения. Нормальные процессы и процессы переброса. Магнитосопротивление и эффект Холла. Полупроводники. Электронная структура типичных полупроводников. Примесные уровни. Доноры и акцепторы. Температурная зависимость проводимости. Фотопроводимость. Рекомбинация и релаксация неравновесных носителей. Горячие носители. Эффект Ганна.

4. Основы оптики. Интерференция и дифракция волн.

Световая волна. Отражение и преломление волн на границе двух сред. Тонкая линза. Построение изображений в оптических системах. Оптические приборы. Световой поток. Фотометрические величины и законы. Принцип Гюйгенса. Когерентность волн Интерференция, ширина полос. Интерференция в тонких пленках. Кольца Ньютона. Интерферометры. Принцип Гюйгенса-Френеля. Дифракция Френеля. Зоны Френеля, спираль Корню. Дифракция Фраунгофера от щели. Дифракционная решетка. Дифракция на периодических структурах. Голография. Дисперсия света. Поглощение света. Рассеяние света.

5. Физика атомов.

Излучение черного тела. Закон Кирхгофа. Законы Стефана-Больцмана и Вина. Формула Релея-Джинса. Формула Планка. Фотоны. Законы фотоэффекта. Эффект Комптона. Атомные спектры. Постулаты Бора. Правила квантования круговых орбит. Теория атома водорода по Бору. Спектр, волновые функции атома водорода. Мультиплетность спектров и спин электрона. Эффект Зеемана. Принцип Паули. Распределение электронов по энергетическим уровням атома. Периодическая система элементов Менделеева. Энергия молекул, молекулярные спектры. Химическая связь. Эффект Зеемана. Эффект Штарка.

6. Диэлектрики

Эффективное поле. Электронная, ионная и дипольная поляризация. Пироэлектрики и сегнетоэлектрики. Электрический гистерезис. Сегнетоэлектрические домены. Пьезоэлектрики.

7. Термодинамика и фазовые переходы.

Равновесие фаз. Фазовые переходы I и II рода. Флуктуации в термодинамических системах. Равновесие в термодинамических системах и правило фаз. Диа-

грамма равновесия. Кинетика фазовых превращений. Диффузионные и бездиффузионные превращения. Естественное и искусственное старение. Фазовый наклеп.

8. Сверхпроводимость

Основные свойства сверхпроводников. Эффект Мейснера. Сверхпроводники I и II рода. Вихри и вихревые структуры. Основы микроскопической теории. Энергетическая щель и квазичастицы в сверхпроводниках. Туннельный эффект. Эффект Джозефсона.

9. Оптические и магнитные свойства твердых тел.

Механизм поглощение фотонов. Поглощение свободными носителями. Решеточное поглощение. Многофотонные процессы. Комбинационное рассеяние света в кристаллах. Поглощение связанными носителями. Междузонные прямые и непрямые переходы. Люминесценция. Времена жизни возбуждений флюоресценции. Безизлучательные переходы. Квантовый выход люминесценции Диамагнетизм свободного электронного газа. Спиновый парамагнетизм. Закон Кюри. Ферромагнетизм. Ферромагнитные домены. Антиферромагнетизм. Энергия анизотропии. Доменная стенка. Ферриты. Спиновые волны.

10. Энергетический спектр кристалла

Описание энергетического состояния кристаллов при помощи газа квазичастиц. Примеры квазичастиц. Фононы, магноны, экситоны, плазмоны и др. Электроны в металле как квазичастицы. Квазиимпулъс. Закон дисперсии. Плотность состояний. Статистика газа квазичастиц. Бозоны и фермионы. Взаимодействие квазичастиц. Колебания решетки - фононы. Акустическая и оптическая ветви колебаний. Теплоемкость решетки. Дебаевская частота. Ангармонизм и тепловое расширение. Электронные состояния в кристаллах. Приближение сильной и слабой связи. Зонная схема и типы твердых тел. Электронная теплоемкость, поверхности Ферми. Электроны и дырки. Положение Ферми-уровня в невырожденных полупроводниках.

3. Критерии оценки знаний

Отлично	Демонстрирует глубокие, специализированные знания по материалам дисциплины
Хорошо	Знает материал дисциплины, но допускает некоторые ошибки
Удовлетворительно	Демонстрирует фрагментарное, не систематическое знание материала дисциплины
Неудовлетворительно	Не имеет знаний по материалам дисциплины

Минимальное количество баллов, подтверждающее успешное прохождение вступительного испытания

- при поступлении в рамках контрольных цифр – ***хорошо***

- при поступлении по договорам об оказании платных образовательных услуг – ***удовлетворительно***

4. Рекомендуемая литература

1. Савельев И.В. Курс общей физики. М.: Наука, 1989, т. 1-3.
2. Матвеев А.Н. Курс общей физики. М.: Наука, 1986, т. 1-4.
3. Сивухин Д.В. Курс общей физики. М.: Наука, 1980, т. 1-4.
4. Ландсберг Г.С. Оптика. М.: Наука. 1976.
5. И.А.Квасников. Термодинамика и статистическая физика. Теория равновесных систем. М., Изд-во МГУ, 1991
6. Л.Д.Ландау, Е.М.Лифшиц. Статистическая физика, 1976
7. Шпольский Э.В. Атомная физика. М. НТЛ. 1978.
8. А.С.Давыдов. Квантовая механика. М., Физматгиз, 1973.
9. Павлов П.В., Хохлов А.Ф. Физика твёрдого тела. М. ВШ. 2000.
10. Н. Ашкрофт. Н. Мермин. Физика твердого тела. Мир, 1979.
11. А.А. Абрикосов, Введение в теорию нормальных металлов. Наука, 1972.
12. А.И. Ансельм, Введение в теорию полупроводников. Наука, 1978.
13. М. Тинкхам. Введение в сверхпроводимость, Москва 1980.
14. Е.М. Лифшиц, Л.П. Питаевский, Статистическая физика, часть 2, Наука 1978.
15. А. Брус, Р. Каули. Структурные фазовые переходы. Мир, 1984.
16. Ч. Киттель, Введение в физику твердого тела М., Наука, 1978.
17. А. Кацнельсон, Введение в физику твердого тела. Изд. МГУ, 1984.
18. Л. Бонч-Бруевич, С.Г. Калашников, Физика полупроводников. М.: Наука, 1990.
19. С.И. Сиротин, М.П. Шаскольская, Основы кристаллофизики. М.: Наука, 1979.
20. Дж. Блейкмор, Физика твердого тела. М.: Мир, 1988.
21. А. Роуз-Инс, Е. Родерик, Введение в физику сверхпроводимости. М.: Мир, 1972.
22. В.Л. Миронов Основы сканирующей зондовой микроскопии. М., РАН, 2004.
23. Б.Е. Винтайкин Физика твердого тела. Учебное пособие. 2-е изд. М., МГТУ им. Н.Э.Баумана, 2008.
24. В.А. Гуртов. Физика твердого тела для инженеров: Учебное пособие. М., «Техносфера», 2007.