

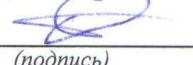
Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

Ярославский государственный университет им. П.Г. Демидова

Физический факультет

УТВЕРЖДАЮ

Декан физического факультета



(подпись)

И.С. Огнев

19 сентября 2023 года

**Программа вступительного испытания в аспирантуру
по научной специальности
1.3.8 «Физика конденсированного состояния»**

Ярославль 2023

ОБЩИЙ РАЗДЕЛ. Избранные вопросы общей физики

1. Механика

Инерциальные системы отсчета и законы динамики Ньютона. Потенциальная и кинетическая энергия. Закон сохранения энергии. Свободные и вынужденные колебания. Резонанс. Сложение колебаний.

2. Молекулярная физика

Первое начало термодинамики. Внутренняя энергия как функция состояния. Теоремы Карно для КПД тепловой машины. Неравенство Клаузиуса. Определение энтропии, ее статистический смысл. Распределение молекул по скоростям. Закон Максвелла и его экспериментальная проверка. Распределение молекул газа во внешнем поле. Условие равновесия фаз. Уравнение Клапейрона-Клаузиуса. Фазовая диаграмма.

3. Электричество

Электростатическое поле в вакууме. Принцип суперпозиции. Теорема Гаусса. Закон Ампера. Сила Лоренца. Действие магнитного поля на контур с током. Электромагнитная индукция. Закон Фарадея. Правило Ленца. Магнитное поле в вакууме. Закон Био-Савара-Лапласа. Теорема о циркуляции. Ток смещения. Уравнения Максвелла. Вектор Умова-Пойнтинга.

4. Оптика

Интерференция. Двухлучевая интерференция. Когерентность. Опыты Френеля и Юнга. Дифракция в параллельных лучах. Дифракция на одной щели. Дифракционная решетка. Принцип Гюйгенса-Френеля. Дифракция на круглом отверстии, круглом экране. Преломление и отражение электромагнитных волн на границе двух сред. Формулы Френеля. Полное внутреннее отражение.

5. Атомная и ядерная физика

Фотоэффект. Эффект Комптона. Спектральные термы. Комбинационный принцип Ритца. Постоянная Ридберга. Тонкая и сверхтонкая структура уровней атома водорода и водородоподобных атомов. Энергия связи ядра. Полуэмпирическая формула Вайцеккера для масс ядер. Капельная и оболочечная модели ядра. Общие законы радиоактивного распада.

СПЕЦИАЛЬНЫЙ РАЗДЕЛ. Специальные вопросы физики конденсированного состояния

1. Основные закономерности строения кристаллов

Пространственная решетка. Выбор элементарной ячейки. Симметрия кристаллов. Точечные и пространственные группы симметрии. Обратная решетка. Типичные кристаллические структуры. Классификация кристаллов по типам их связи: ионные, ковалентные, металлические, молекулярные, водородные. Сопоставление различных типов связей. Методы определения структуры кристаллов: рентгеноструктурный анализ, электронография, электронная микроскопия.

2. Дефекты в кристаллах

Классификация дефектов кристаллической решетки. Точечные дефекты. Образование и взаимодействие точечных дефектов. Отжиг точечных дефектов. Краевые и винтовые дислокации.

3. Диффузия

Математическое описание диффузии. Механизмы диффузии. Движущая сила диффузионного переноса. Методы определения коэффициентов диффузии.

4. Тепловые свойства твёрдых тел

Особенности теплового движения в твёрдых телах. Гармоническое приближение. Теплоёмкость твёрдых тел, закон Дюлонга и Пти. Классическая теория теплоёмкости Эйнштейна. Фононы. Теория Дебая. Расчёт дебаевского спектра. Оптические и акустические фононы. Фононные спектры в твердых телах. Характеристическая температура. Ангармонизм колебаний атомов в кристаллах и природа теплового расширения. Связь коэффициента теплового расширения с температурой плавления.

5. Электроны в твёрдых телах

Уравнение Шрёдингера. Одноэлектронное приближение. Теорема Блоха. Модель Кронига-Пенни. Зоны Бриллюэна. Квазиимпульс и скорость электрона в кристалле. Заполнение зон электронами: металлы, полупроводники, диэлектрики. Эффективная масса электрона. Тензор эффективной массы. Поверхность Ферми. Плотность состояний.

6. Кинетические явления в твердых телах

Кинетическое уравнение Больцмана. Интеграл столкновений. Время релаксации. Расчет кинетических эффектов для стандартной зоны. Плотность электрического тока и потока энергии. Электропроводность твердых тел. Концентрация и подвижность носителей тока в полупроводниках, влияние температуры. Температурная зависимость электросопротивления металлов. Правило Матиссена. Влияние дефектов и примесей на электропроводность

металлов и полупроводников. Электропроводность тонких пленок. Классические и квантовые размерные эффекты в тонких пленках.

7. Магнитные свойства твердых тел

Физическая классификация магнетиков. Диамагнетизм. Парамагнетизм. Законы Кюри и Кюри-Вейса для парамагнетиков. Ферромагнетизм. Теория Вейса. Зависимость намагниченности от поля.

8. Свойства диэлектриков

Классификация и виды поляризации диэлектриков. Выделение различных вкладов поляризации из частотной зависимости диэлектрической проницаемости. Поляризация неполярных диэлектриков. Поляризация ионных кристаллов. Поляризация дипольных диэлектриков. Поляризация сегнетоэлектриков.

Литература

1. Киттель Ч. Введение в физику твердого тела. М.: Наука, 1978.
2. Харрисон У.А. Электронная структура и свойства твердых тел. В 2-х томах. М.: Мир, 1983.
3. Уманский Я.С., Скаков Ю.А., Иванов А.Н., Расторгуев Л.Н. Кристаллография, рентгенография и электронная микроскопия. М.: Металлургия, 1982.
4. Шаскольская М.П. Кристаллография. М.: Высшая школа, 1976.
5. Маделунг О. Теория твердого тела. М.: Наука, 1980.
6. Хирт Дж. Лоте И. Теория дислокаций. М.: Атомиздат, 1972.
7. Павлов П.В., Хохлов А.Ф. Физика твердого тела. М.: Высшая школа, 2000.
8. Блэйкмор Дж. Физика твердого состояния. М.: Металлургия, 1972.
9. Блатт Ф. Физика электронной проводимости в твердых телах. М.: Мир, 1971.
10. Вонсовский С.В. Магнетизм. М.: Мир, 1971.
11. Кринчик Г.С. Физика магнитных явлений. М.: Изд. МГУ, 1976.
12. Бокштейн Б.С. Диффузия в металлах. М.: Металлургия, 1978.
13. Русаков А.А. Рентгенография металлов. М.: Атомиздат, 1977.
14. Чопра К.Л. Электрические явления в тонких пленках. М.: Мир, 1972.

Программа утверждена на заседании кафедры микроэлектроники и общей физики 14 сентября 2023 года (протокол № 1).

Заведующий кафедрой

И.А. Кузнецова

Приложение 1 к Программе
вступительного испытания в
аспирантуру по научной
специальности 1.3.8 «Физика
конденсированного состояния»

Образцы билетов вступительного экзамена

Ярославский государственный университет им. П.Г. Демидова

Дисциплина Вступительный экзамен в аспирантуру

1.3.8 Физика конденсированного состояния

Билет № 1

1. Капельная и оболочечная модели ядра. Общие законы радиоактивного распада.
2. Классическая теория теплоёмкости Эйнштейна. Фононы. Теория Дебая. Расчёт дебаевского спектра. Оптические и акустические фононы.

Декан физического факультета

И.С. Огнев

Ярославский государственный университет им. П.Г. Демидова

Дисциплина Вступительный экзамен в аспирантуру

1.3.8 Физика конденсированного состояния

Билет № 2

1. Закон Ампера. Сила Лоренца. Действие магнитного поля на контур с током.
2. Плотность электрического тока и потока энергии. Электропроводность твердых тел. Концентрация и подвижность носителей тока в полупроводниках, влияние температуры.

Декан физического факультета

И.С. Огнев

Приложение 2 к Программе
вступительного испытания в
аспирантуру по научной
специальности 1.3.8 «Физика
конденсированного состояния»

Критерии оценки результатов сдачи вступительного экзамена

Ответ на теоретический вопрос

Высокий уровень: продемонстрированы полные и системные знания теоретических положений курса общей физики и специальных курсов, необходимых для успешной работы по данной научной специальности, умения приводить физические примеры, поясняющие материал вопроса, навыки физического мышления, четкой постановки проблемы, эффективного поиска ее решения, грамотного изложения материала; допускается не более двух незначительных неточностей в изложении материала.

Хороший уровень: требования в целом аналогичные высокому уровню, однако допускается большее число незначительных неточностей.

Удовлетворительный уровень: продемонстрировано относительно полное знание теоретических положений курса общей физики и специальных курсов, необходимых для успешной работы по данной научной специальности, умение сформулировать и в целом обосновать свою точку зрения; допускаются неточности в изложении материала, неполнота выводов при в целом правильном изложении материала.

Неудовлетворительный уровень: ответа нет; материал изложен не по конкретной теме вопроса; не продемонстрировано знание теоретических положений; допущены грубые ошибки в изложении материала.

Дополнительные структурные и количественные показатели

Показатели	Критерии
Понимание вопроса	<ul style="list-style-type: none">• Ответ существует• Ответ по существу вопроса без отвлечения на второстепенные детали
Содержание ответа	<ul style="list-style-type: none">• Продемонстрированы полные и системные теоретические знания по

	<p>вопросу</p> <ul style="list-style-type: none"> • Продемонстрированы полные и системные знания законов физики и умение их приложения к решению конкретных физических задач
Обоснованность и полнота ответа	<ul style="list-style-type: none"> • Раскрыты все компоненты вопроса • Сделаны правильные и физически обоснованные выводы по вопросу
Изложение ответа	<ul style="list-style-type: none"> • Владение навыками устной и (или) письменной речи • Свободное владение математическим аппаратом и специальной терминологией

Шкала оценивания: 0 баллов – полное отсутствие критерия; 1 балл – частичное выполнение критерия; 2 балла – полное выполнение критерия

Оценка проставляется по количеству набранных баллов:

менее 60% от максимально возможного количества баллов – «0 – 3,75 баллов»,

60 – 75% от максимально возможного количества баллов, из них не менее 2 баллов за содержание ответа – «4 – 5,75 баллов»,

76 – 85% от максимально возможного количества баллов, из них не менее 4 баллов за содержание ответа – «6 – 7,75 баллов»,

86 – 100% от максимально возможного количества баллов, из них не менее 5 баллов за содержание – «8 – 10 баллов».