Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Северо-Осетинский государственный университет имени Коста Левановича Хетагурова»

(ФГБОУ ВО «СОГУ»)

Утверждаю
Проректор по научной деятельности

_____ Г.Н. Гиникашвили

«__4__» ____05____ 2026 г.

ПРОГРАММА

вступительного испытания при приеме на обучение по образовательным программам подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре

группа научной специальности **1.3. Физические науки**

Научная специальность:
1.3.11. Физика полупроводников

Владикавказ 2026

1. Область применения и нормативные ссылки

Программа вступительного испытания сформирована на основе федеральных государственных образовательных стандартов высшего образования по программам специалитета или магистратуры.

2. Форма проведения вступительного испытания: вступительное испытание по научной специальности 1.3.11. Физика полупроводников проводится в устной форме очно или дистанционно.

3. Содержание вступительного экзамена

Раздел 1. Механика

Перемещение точки. Скорость. Равномерное движение. Ускорение. Прямолинейное равнопеременное движение. Ускорение при криволинейном движении. Кинематика вращательного движения.

Первый закон Ньютона. Инерциальные системы отсчета. Второй закон Ньютона. Единицы измерения и размерности физических величин. Третий закон Ньютона. Принцип относительности Галилея. Силы трения. Силы, действующие при криволинейном движении.

Движение тела с переменной массой. Закон сохранения импульса. Неинерциальные системы отсчета. Силы инерции. Центробежные силы инерции. Силы Кориолиса.

Работа. Мощность. Потенциальное поле сил. Силы консервативные и неконсервативные. Энергия. Закон сохранения энергии. Связь между потенциаль-ной энергией и силой. Условия равновесия механической системы.

Движение твердого тела. Движение центра инерции твердого тела. Вращение твердого тела. Момент силы. Основное уравнение динамики вращательного движения. Момент инерции. Кинетическая энергия твердого тела. Момент импульса. Закон сохранения момента импульса. Упругие деформации твёрдого тела. Закон Гука.

Закон всемирного тяготения. Масса инертная и масса гравитационная. Законы Кеплера. Космические скорости.

Давление. Распределение давления в покоящихся жидкости и газе. Выталкивающая сила. Линии и трубки тока. Неразрывность струи. Уравнение Бер-нулли. Силы внутреннего трения. Ламинарное и турбулентное течение. Дви-жение тел в жидкостях и газах. Подъемная сила и сила сопротивления.

Раздел 2. Молекулярная физика и термодинамика

Масса и размеры молекул. Равновесные и неравновесные состояния системы. Температура. Уравнение состоянии идеального газа. Внутренняя энергия системы. Первое начало термодинамики. Работа, совершаемая телом при изменении его объема. Коэффициент полезного действия тепловой машины. Второе начало термодинамики. Цикл Карно. Термодинамическая шкала температур. Неравенство Клаузиуса. Энтропия. Свойства энтропии. Теорема Нернста. Энтропия и вероятность.

Основное уравнение кинетической теории газов. Равномерное распределение энергии по степеням свободы. Внутренняя энергия и теплоёмкость идеально-го газа. Уравнение адиабаты идеального газа. Политропические процессы.

Работа, совершаемая идеальным газом при различных процессах. Распределение молекул газа по скоростям. Экспериментальная проверка закона рас-пределения Максвелла. Барометрическая формула. Распределение Больцмана.

Средняя длина свободного пробега. Явления переноса. Вязкость газа. Теплопроводность. Диффузия в газах. Отклонение газов от идеальности. Уравнение Ван-дер-Ваальса. Экспериментальные изотермы. Пересыщенный пар и перегретая жидкость. Внутренняя энергия реального газа. Эффект Джоуля-Томпсона.

Раздел 3. Электричество и магнетизм

Взаимодействие зарядов. Закон Кулона. Системы единиц. Электрическое по-ле. Напряженность поля. Суперпозиция полей. Поле диполя. Поток вектора напряженности. Теорема Гаусса. Работа сил электростатического поля. Потенциал. Связь между напряженностью электрического поля и потенциалом.

Равновесие зарядов на проводнике. Проводник во внешнем электрическом поле. Электроемкость. Конденсаторы. Соединение конденсаторов. Энергия системы зарядов. Энергия заряженного проводника. Энергия заряженного конденсатора. Энергия электрического поля.

Электрический ток. Электродвижущая сила. Закон Ома. Сопротивление проводников. Закон Джоуля-Ленца. Закон Ома для неоднородного участка цепи. Разветвленные цепи. Правила Кирхгофа. Коэффициент полезного действия источника тока.

Взаимодействие токов. Магнитное поле. Закон Био-Савара. Поле движуще-гося заряда. Поля прямого и кругового токов. Циркуляция вектора магнитной индукции. Поле соленоида.

Сила, действующая на ток в магнитном поле. Закон Ампера. Сила Лоренца. Контур с током в магнитном поле. Работа, совершаемая при перемещении проводника с током в магнитном поле.

Движение заряженной частицы в однородном магнитном поле. Отклонение движущихся заряженных частиц электрическими и магнитными полями. Масс-спектрографы. Циклотрон.

Явление электромагнитной индукции. Электродвижущая сила индукции. Явление самоиндукции. Ток при замыкании и размыкании цепи. Энергия магнитного поля. Взаимная индукция.

Свободные колебания в контуре без активного сопротивления. Свободные затухающие колебания. Вынужденные электрические колебания. Вихревое электрическое поле. Ток смещения. Электромагнитное поле. Описание свойств векторных полей. Уравнения Максвелла.

Электромагнитные волны. Волновое уравнение. Плоская электромагнитная волна. Экспериментальное исследование электромагнитных волн. Энергия электромагнитного поля. Импульс и давление электромагнитного поля. Скин-эффект.

Раздел 4. Оптика, атомная и ядерная физика

Основные понятия и определения оптики. Принцип Ферма. Преломление на сферической поверхности. Линза. Погрешности оптических форм. Оптические приборы. Световой поток. Фотометрические величины и их единицы. Фотометрия.

Интерференция световых волн. Способы наблюдения интерференции света. Интерференция света при отражении от тонких пластинок. Применения ин-терференции света.

Дифракция света. Принцип Гюйгенса-Френеля. Зоны Френеля. Дифракция Френеля от простейших преград. Дифракция Фраунгофера от щели. Дифракционная решетка. Дифракция рентгеновских лучей.

Естественный и поляризованный свет. Поляризация при отражении и пре-ломлении. Поляризация при двойном лучепреломлении. Интерференция поляризованных лучей. Вращение плоскости поляризации.

Опыт Майкельсона. Специальная теория относительности. Преобразования Лоренца. Следствия из преобразований Лоренца. Интервал. Сложение скоростей. Релятивистская динамика.

Тепловое излучение и люминесценция. Закон Кирхгофа. Закон Стефана-Больцмана. Закон Вина. Формула Релея-Джинса. Формула Планка. Фотоэффект. Фотоны. Эффект Комптона. Тормозное рентгеновское излучение.

Закономерности в атомных спектрах. Модель атома Томсона. Опыты по рассеянию частиц. Ядерная модель атома. Постулаты Бора. Опыт Франка и Гер-ца. Элементарная боровская теория атома водорода.

Гипотеза де-Бройля. Волновые свойства вещества. Уравнение Шредингера. Квантово-механическое описание движения микрочастиц. Свойства волно-вой функции. Квантование. Квантово-механическая теория атома водорода.

Спектры щелочных металлов. Нормальный эффект Зеемана. Мультиплет-ность спектров и спин электрона. Момент количества движения в квантовой механике. Результирующий момент многоэлектронного атома.

Распределение электронов в атоме по энергетическим уровням. Периодическая система элементов Менделеева. Рентгеновские спектры. Ширина спектральных линий. Состав и характеристика атомного ядра. Масса и энергия связи ядра. Приро-да ядерных сил. Радиоактивность. Ядерные реакции. Деление ядер. Термо-ядерные реакции.

Космические лучи. Методы наблюдения элементарных частиц. Классифика-ция элементарных частиц и виды взаимодействий. Частицы и античастицы. Изотопический спин. Странные частицы. Несохранение четности.

Раздел 5. Твердые тела. Полупроводники, металлы, диэлектрики

Отличительные черты кристаллического состояния. Типы кристаллических решеток. Тепловое движение в кристаллах. Теплоемкость кристаллов.

Поверхностное натяжение. Давление под изогнутой поверхностью жидкости. Явления на границе жидкости и твердого тела. Капиллярные явления. Испарение и конденсация. Плавление и кристаллизация. Уравнение Клапейрона. Тройная точка. Диаграмма состояния. Понятия о фазовых переходах второго рода.

Полярные и неполярные молекулы. Диполь в однородном и неоднородном электрических полях. Поляризация диэлектриков. Описание поля в диэлек-триках. Сегнетоэлектрики. Прямой и обратный пьезоэлектрический эффект.

Описание поля в магнетиках. Классификация магнетиков. Магнитомеханиче-ские явления. Магнитные моменты атомов и молекул. Диамагнетизм. Парамагнетизм. Ферромагнетизм.

Природа носителей тока в металлах. Классическая теория металлов. Понятие о квантовой теории металлов. Полупроводники. Эффект Холла. Термоэлектронная эмиссия.

Электронные лампы. Контактная разность потенциалов. Термоэлектрические явления. Полупроводниковые диоды и транзисторы. Виды газового разряда. Несамостоятельный газовый разряд. Ионизационные камеры и счетчики. Газоразрядная плазма. Тлеющий, дуговой, искровой и коронный разряды.

Переменный ток. Квазистационарные токи. Переменный ток, текущий через индуктивность. Переменный ток, текущий через емкость. Цепь переменного тока, содержащая емкость, индуктивность и сопротивление. Мощность, выделяемая в цепи переменного тока.

Дисперсия света. Групповая скорость. Элементарная теория дисперсии. Поглощение света. Рассеяние света. Эффект Вавилова-Черенкова. Энергия молекулы. Молекулярные спектры. Комбинационное рассеяние света. Теплоемкость кристаллов. Эффект Мёссбауэра. Лазеры.

Вопросы

к вступительному экзамену группы научных специальностей 03.06.01 Физика и астрономия, научная специальность 1.3.11. Физика полупроводников

1. Основные понятия и определения физической оптики. Принцип Ферма. Преломление на сферической поверхности. Линза. Погрешности оптических форм. Оптические приборы. Световой поток. Фотометрические величины и их единицы. Фотометрия.
2. Интерференция световых волн. Способы наблюдения интерференции света. Интерференция света при отражении от тонких пластинок. Применения интерференции света.
3. Дифракция света. Принцип Гюйгенса-Френеля. Зоны Френеля. Дифракция Френеля от простейших преград. Дифракция Фраунгофера от щели. Дифракционная решетка. Дифракция рентгеновских лучей.
4. Естественный и поляризованный свет. Поляризация при отражении и преломлении. Поляризация при двойном лучепреломлении. Интерференция поляризованных лучей. Вращение плоскости поляризации.
5. Опыт Майкельсона. Специальная теория относительности. Преобразования Лоренца. Следствия из преобразований Лоренца. Интервал. Сложение скоростей. Релятивистская динамика.

6. Тепловое излучение и люминесценция. Закон Кирхгофа. Закон Стефана-Больцмана. Закон Вина. Формула Релея-Джинса. Формула Планка. Фотоэффект. Фотоны. Эффект Комптона. Тормозное рентгеновское излучение.
7. Закономерности в атомных спектрах. Модель атома Томсона. Опыты по рассеянию частиц. Ядерная модель атома. Постулаты Бора. Опыт Франка и Гер-ца. Элементарная боровская теория атома водорода.
8. Гипотеза де-Бройля. Волновые свойства вещества. Уравнение Шредингера. Квантово-механическое описание движения микрочастиц. Свойства волно-вой функции. Квантование. Квантово-механическая теория атома водорода.
9. Спектры щелочных металлов. Нормальный эффект Зеемана. Мультиплет-ность спектров и спин электрона. Момент количества движения в квантовой механике. Результирующий момент многоэлектронного атома.
10. Распределение электронов в атоме по энергетическим уровням. Периодическая система элементов Менделеева. Рентгеновские спектры. Ширина спектральных линий.
11. Состав и характеристика атомного ядра. Масса и энергия связи ядра. Приро-да ядерных сил. Радиоактивность. Ядерные реакции. Деление ядер. Термоядерные реакции.
12. Космические лучи. Методы наблюдения элементарных частиц. Классифика-ция элементарных частиц и виды взаимодействий. Частицы и античастицы. Изотопический спин. Странные частицы. Несохранение четности.
13. Перемещение точки. Скорость. Равномерное движение. Ускорение. Прямолинейное равнопеременное движение. Ускорение при криволинейном движении. Кинематика вращательного движения.
14. Первый закон Ньютона. Инерциальные системы отсчета. Второй закон Ньютона. Единицы измерения и размерности физических величин. Третий закон Ньютона. Принцип относительности Галилея. Силы трения. Силы, действующие при криволинейном движении.
15. Движение тела с переменной массой. Закон сохранения импульса. Неинерциальные системы отсчета. Силы инерции. Центробежные силы инерции. Силы Кориолиса.
16. Работа. Мощность. Потенциальное поле сил. Силы консервативные и неконсервативные. Энергия. Закон сохранения энергии. Связь между потенциальной энергией и силой. Условия равновесия механической системы.

17. Движение твердого тела. Движение центра инерции твердого тела. Вращение твердого тела. Момент силы. Основное уравнение динамики вращательного движения. Момент инерции. Кинетическая энергия твердого тела. Момент импульса. Закон сохранения момента импульса. Упругие деформации твёрдого тела. Закон Гука.
18. Закон всемирного тяготения. Масса инертная и масса гравитационная. Законы Кеплера. Космические скорости.
19. Давление. Распределение давления в покоящихся жидкости и газе. Выталкивающая сила. Линии и трубки тока. Неразрывность струи. Уравнение Бернулли. Силы внутреннего трения. Ламинарное и турбулентное течение. Движение тел в жидкостях и газах. Подъемная сила и сила сопротивления.
20. Взаимодействие зарядов. Закон Кулона. Системы единиц. Электрическое по-ле. Напряженность поля. Суперпозиция полей. Поле диполя. Поток вектора напряженности. Теорема Гаусса. Работа сил электростатического поля. Потенциал. Связь между напряженностью электрического поля и потенциалом.
21. Равновесие зарядов на проводнике. Проводник во внешнем электрическом поле. Электроемкость. Конденсаторы. Соединение конденсаторов.
22. Энергия системы зарядов. Энергия заряженного проводника. Энергия заряженного конденсатора. Энергия электрического поля.
23. Электрический ток. Электродвижущая сила. Закон Ома. Сопротивление проводников. Закон Джоуля-Ленца. Закон Ома для неоднородного участка цепи. Разветвленные цепи. Правила Кирхгофа. Коэффициент полезного действия источника тока.
24. Взаимодействие токов. Магнитное поле. Закон Био-Савара. Поле движуще-гося заряда. Поля прямого и кругового токов. Циркуляция вектора магнитной индукции. Поле соленоида.
25. Сила, действующая на ток в магнитном поле. Закон Ампера. Сила Лоренца. Контур с током в магнитном поле. Работа, совершаемая при перемещении проводника с током в магнитном поле.
26. Движение заряженной частицы в однородном магнитном поле. Отклонение движущихся заряженных частиц электрическими и магнитными полями. Масс-спектрографы. Циклотрон.
27. Явление электромагнитной индукции. Электродвижущая сила индукции. Явление самоиндукции. Ток при замыкании и размыкании цепи. Энергия магнитного поля. Взаимная индукция.

28. Свободные колебания в контуре без активного сопротивления. Свободные затухающие колебания. Вынужденные электрические колебания. Вихревое электрическое поле. Ток смещения. Электромагнитное поле. Описание свойств векторных полей. Уравнения Максвелла.
29. Электромагнитные волны. Волновое уравнение. Плоская электромагнитная волна. Экспериментальное исследование электромагнитных волн. Энергия электромагнитного поля. Импульс и давление электромагнитного поля. Скин-эффект.
30. Отличительные черты кристаллического состояния. Типы кристаллических решеток. Тепловое движение в кристаллах. Теплоемкость кристаллов.
31. Поверхностное натяжение. Давление под изогнутой поверхностью жидкости. Явления на границе жидкости и твердого тела. Капиллярные явления.
32. Испарение и конденсация. Плавление и кристаллизация. Уравнение Клапейрона. Тройная точка. Диаграмма состояния. Понятия о фазовых переходах второго рода.
33. Полярные и неполярные молекулы. Диполь в однородном и неоднородном электрических полях. Поляризация диэлектриков. Описание поля в диэлектриках. Сегнетоэлектрики. Прямой и обратный пьезоэлектрический эффект.
34. Описание поля в магнетиках. Классификация магнетиков. Магнитомеханические явления. Магнитные моменты атомов и молекул. Диамагнетизм. Парамагнетизм. Ферромагнетизм.
35. Природа носителей тока в металлах. Классическая теория металлов. Понятие о квантовой теории металлов. Полупроводники. Эффект Холла. Термоэлектронная эмиссия. Электронные лампы. Контактная разность потенциалов. Термоэлектрические явления. Полупроводниковые диоды и транзисторы.
36. Виды газового разряда. Несамостоятельный газовый разряд. Ионизационные камеры и счетчики. Газоразрядная плазма. Тлеющий, дуговой, искровой и коронный разряды.
37. Переменный ток. Квазистационарные токи. Переменный ток, текущий через индуктивность. Переменный ток, текущий через емкость. Цепь переменного тока, содержащая емкость, индуктивность и сопротивление. Мощность, выделяемая в цепи переменного тока.
38. Дисперсия света. Групповая скорость. Элементарная теория дисперсии. Поглощение света. Рассеяние света. Эффект Вавилова-Черенкова.

39. Энергия молекулы. Молекулярные спектры. Комбинационное рассеяние света. Теплоемкость кристаллов. Эффект Мёссбауэра. Лазеры.
40. Масса и размеры молекул. Равновесные и неравновесные состояния системы. Температура. Уравнение состоянии идеального газа.
41. Внутренняя энергия системы. Первое начало термодинамики. Работа, совершаемая телом при изменении его объема. Коэффициент полезного действия тепловой машины. Второе начало термодинамики. Цикл Карно. Термодинамическая шкала температур. Неравенство Клаузиуса. Энтропия. Свойства энтропии. Теорема Нернста. Энтропия и вероятность.
42. Основное уравнение кинетической теории газов. Равномерное распределение энергии по степеням свободы. Внутренняя энергия и теплоёмкость идеально-го газа. Уравнение адиабаты идеального газа. Политропические процессы.
43. Работа, совершаемая идеальным газом при различных процессах. Распределение молекул газа по скоростям. Экспериментальная проверка закона рас-пределения Максвелла. Барометрическая формула. Распределение Больцмана.
44. Средняя длина свободного пробега. Явления переноса. Вязкость газа. Теплопроводность. Диффузия в газах.
45. Отклонение газов от идеальности. Уравнение Ван-дер-Ваальса. Экспериментальные изотермы. Пересыщенный пар и перегретая жидкость. Внутренняя энергия реального газа. Эффект Джоуля-Томпсона.

Основная литература

1. Сивухин, Д.В. Общий курс физики. . / Д.В. Сивухин. - М.: Изд-во АСТ, 2018. – 992 с.
2. Детлаф, А. А. Курс физики: учебное пособие для вузов / А. А. Детлаф, Б. М. Яворский. – Москва : Академия (Academia), 2015. – 719 с.
3. Грундман, М. Основы физики полупроводников. Нанофизика и технические приложения / М. Грундман. - М.: Физматлит, 2022. - 772 с.
4. Савельев, И. В. Курс общей физики. В 5 кн. Кн. 5. Квантовая оптика. Атомная физика. Физика твердого тела. Физика атомного ядра и элементар-ных частиц / И. В. Савельев . - Москва: АСТ: Астрель, 2019. - 368 с.

5. Ашкрофт Н., Мермин Н. Физика твердого тела (в 2-х томах). / Н. Ашкрофт, Н. Мермин.- М.: Мир, 1979.

Дополнительная литература

1. Кольцов, Г.И. Физика полупроводниковых приборов: Расчет параметров биполярных приборов: Сборник задач: № 1893 / Г.И. Кольцов, С.И. Диденко, М.Н. Орлова. - М.: МИСиС, 2019. - 78 с.
2. Лебедев, А.И. Физика полупроводниковых приборов. / А.И. Лебедев. - М.: Физматлит, 2021. - 488 с.
3. Ощепков, А.Ю. Физика полупроводников: Учебник. 4-е изд., стер. / А.Ю. Ощепков. - СПб.: Лань П, 2016. - 400 с.
4. Старосельский, В.И. Физика полупроводниковых приборов микроэлектроники. учебник для академического бакалавриата / В.И. Старосельский. - Люберцы: Юрайт, 2016. - 463 с.
5. Шалимова, К.В. Физика полупроводников. 4-е изд., стер / К.В. Шалимова. - СПб.: Лань, 2010. - 400 с.