



Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова»



УТВЕРЖДАЮ  
Директор ИИС  
И.Ю. Мезин  
« 13 » 04 2022 г

**Программа**  
вступительного экзамена в аспирантуру по направлению подготовки/специальности  
**1.3 Физические науки**  
**1.3.8 Физика конденсированного состояния**



## 1. Правила проведения вступительного испытания

Вступительное испытание проводится по спецдисциплине и позволяет оценить компетенции, необходимые для дальнейшего успешного обучения по направлению подготовки/специальности (1.3 Физические науки 1.3.8 Физика конденсированного состояния).

Вступительное испытание проводится в письменной форме на русском языке по билетам, содержащим три вопроса.

Продолжительность вступительного испытания 1,5 часа.

Во время проведения вступительных испытаний запрещается иметь при себе и использовать средства связи.

Результаты объявляются на официальном сайте и на информационном стенде не позднее 3 рабочих дней со дня проведения вступительного испытания

## 2. Дисциплины, включенные в программу вступительного испытания

1. Общая физика
2. Теоретическая физика
3. Астрофизика

## 3. Содержание учебных дисциплин

### 3.1. «Общая физика», «Теоретическая физика», «Астрофизика»

Темы (вопросы)

1. Понятие о колебательном движении. Свободные и вынужденные колебания, уравнение колебаний. Коэффициент затухания, логарифмический декремент затухания. Резонанс.
2. Сложение колебаний одного направления и взаимно перпендикулярных колебаний. Биения и фигуры Лиссажу.
3. Основы молекулярно-кинетической теории газов. Распределения Больцмана. Максвелла. Статистика Максвелла-Больцмана. Опыт Штерна.
4. Акустические волны и их классификация. Уравнение плоской акустической волны, скорость и длина волны. Ультразвуковая дефектоскопия, томография.
5. Основные понятия термодинамики. Первое начало термодинамики, его применение к изопроцессам в идеальном газе. График процессов. Вечный двигатель первого рода.
6. Тепловые машины. Цикл Карно. КПД цикла Карно. КПД реальных тепловых машин.
6. Внутренняя энергия термодинамической системы. Теорема о равномерном распределении энергии по степеням свободы. Классическая теория теплоемкости газов и твердых тел, границы применимости теории.
7. Первое, второе и третье начала термодинамики. Понятие об энтропии и ее изменении в термодинамических процессах. Статистические и термодинамические формулировки II начала.
8. Явления переноса в молекулярной физике. Законы диффузии, теплопроводности и вязкости и их анализ.
9. Закон Кулона. Напряженность и потенциал электростатического поля точечного заряда. Графическое изображение электростатических полей. Связь напряженности и потенциала. Принцип суперпозиции полей. Электростатическая теорема Остро граде кого-Гаусса, ее применение к расчету полей.
10. Магнитное поле. Индукция и напряженность магнитного поля. Графическое изображение магнитных полей. Силы магнитного взаимодействия (Ампера и Лоренца). Принцип суперпозиции магнитных полей.





11. Полярные и неполярные диэлектрики. Поляризация диэлектриков, вектор поляризации. Диэлектрическая проницаемость и восприимчивость. Сегнетоэлектрики. гистерезис.

12. Магнитные свойства вещества. Основы теории диа-, пара- и ферромагнетизма. Магнитная проницаемость и восприимчивость. Магнитный гистерезис. Применение ферромагнетиков.

13. Магнитное поле токов. Закон Био-Савара-Лапласа. Закон полного тока. Энергия электрического и магнитного полей.

14. Классическая теория электропроводности металлов. Законы Ома и Джоуля-Ленца в интегральной и дифференциальной форме. Понятие о сверхпроводимости, высокотемпературная сверхпроводимость.

15. Основы зонной теории твердого тела. Решение уравнения Шредингера для электронов в кристалле, адиабатное приближение. Зоны Бриллюэна.

16. Электромагнитная индукция. Интегральная и дифференциальная формы закона электромагнитной индукции Фарадея. Правило Ленца. Самоиндукция. Индуктивность. Применение закона электромагнитной индукции.

17. Полная система уравнений Максвелла как обобщение основных законов электромагнетизма. Свободное электромагнитное поле.

18. Электромагнитные волны их классификация, излучение и регистрация. Уравнение плоской электромагнитной волны и ее параметры. Энергия волны. Вектор Умова.

19. Интерференция света и условия ее наблюдения. Методы наблюдения интерференции в оптике (бизеркала и бипризма Френеля, метод Юнга). Условия шах и гш картины интерференции.

20. Дифракция света и её виды. Принцип Гюйгенса-Френеля, зоны Френеля. Объяснение дифракции сферической и плоской волны на основе зон Френеля. Дифракционная решетка.

21. Естественный и поляризованный свет. Виды поляризации. Закон Врюстера. Поляризаторы и анализаторы, получение поляризованного света. Степень поляризации излучения. Закон Малкюа.

22. Дисперсия света. Нормальная и аномальная дисперсия. Формула Коши. Основы электронной теории дисперсии.

23. Излучательная и поглощательная способность тел. Абсолютно черное тело. Законы Кирхгофа, Стефана-Больцмана, Вина, формула Планка и её анализ.

24. Постулаты специальной теории относительности. Преобразования Лоренца. Релятивистский закон сложения скоростей. Основные кинематические и динамические следствия из теории относительности.

25. Квантовые свойства света. Фотоэффект и его виды. Опыты и законы Столетова. Уравнение Эйнштейна. Красная граница фотоэффекта.

26. Гипотеза де Бройля о волновых свойствах микрочастиц. Соотношения неопределенностей Гейзенберга и их анализ.

27. Постулаты Бора. Теория водородоподобного атома по Бору. Закономерности в атомных спектрах. Формула Бальмера. Опыты Франка и Герца.

28. Уравнение Шредингера. Волновая функция и ее свойства. Стандартные условия и квантование. Операторы в квантовой механике.

29. Понятие о полном наборе квантовых чисел. Строение сложных атомов. Электронные группы и подгруппы. Принцип Паули. Периодическая система химических элементов Менделеева.

30. Микрочастица в потенциальной яме. Туннельный эффект. Примеры проявления туннельного эффекта.

31. Законы сохранения в физике и их связь с симметрией пространства и времени.





32. Основные характеристики атомных ядер (заряд, масса, механический момент, магнитный момент, размер ядра). Характеристика ядерных сил. Энергия связи. Дефект массы.

33. Естественная и искусственная радиоактивность. Радиоактивные ряды. Закономерности альфа-, бета-, гамма- распада. Закон радиоактивного распада.

34. Ядерные реакции. Реакция деления и синтеза атомных ядер. Энергия ядерных реакций. Характеристика ядерных сил. Деление ядер урана.

35. Фундаментальные взаимодействия. Элементарные частицы и их классификация. Реакции взаимного превращения элементарных частиц. Кварки и глюоны. Методы регистрации элементарных частиц.

36. Солнечная система, общая характеристика планет земной группы и планет-гигантов. Законы Кеплера движения планет. Пояс Койпера. облако Оорта.

37. Гипотезы о происхождении и эволюции Вселенной. Реликтовое излучение, красное смещение в спектрах звезд. Методы определения расстояний и параметров звезд в астрофизике, единицы расстояний.

#### Литература для подготовки

1. Иродов И.Е. Курс общей физики в 5 т. – М. : Лаборатория знаний, 2021.
2. Савельев И.В. Курс общей физики в 3-х томах.- СПб. : Лань, 2022.
3. Шалимова, К. В. Физика полупроводников : учебник / К. В. Шалимова. — 4-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2022. — 384 с. — ISBN 978-5-8114-0922-8. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://reader.lanbook.com/book/210524#1> (дата обращения: 22.04.2022). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
4. Горбачев В.В., Спицына Л.Г. Физика полупроводников и металлов. – М.: Металлургия,- 1976.
5. Ливенцев, Н. М. Курс физики : учебник / Н. М. Ливенцев. — 7-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2022. — 672 с. — ISBN 978-5-8114-1240-2. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://reader.lanbook.com/book/210782#1> (дата обращения: 22.04.2022). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
6. Ивлиев, А. Д. Физика : учебное пособие для вузов / А. Д. Ивлиев. — 3-е изд., испр. и доп. — Санкт-Петербург : Лань, 2022. — 676 с. — ISBN 978-5-8114-5874-5. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://reader.lanbook.com/book/200429#1> (дата обращения: 22.04.2022). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
7. Климишин И.А. - Астрономия наших дней.- М: Высшая школа.- 2006.

#### 3.2. Физика конденсированного состояния

##### Темы (вопросы)

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. Химическая связь и ближний порядок. Структура вещества с ненаправленным взаимодействием. Примеры кристаллических структур, отвечающих плотным упаковкам шаров: простая кубическая, ОЦК, ГЦК, ГПУ.
3. Кристаллические и аморфные твердые тела. Трансляционная инвариантность. Базис и кристаллическая структура. Элементарная ячейка. Ячейка Вигнера-Зейтца.
4. Решетка Браве. Обозначения узлов, направлений и плоскостей в кристалле. Обратная решетка, ее свойства. Зона Бриллюэна.
5. Элементы симметрии кристаллов: повороты, отражения, инверсия, инверсионные повороты, трансляции. Операции (преобразования) симметрии.





6. Точечные дефекты, их образование и диффузия. Вакансии и межузельные атомы. Дефекты Френкеля и Шоттки.
7. Распространение волн в кристаллах. Дифракция рентгеновских лучей, нейтронов и электронов в кристалле. Упругое и неупругое рассеяние, их особенности.
8. Колебания кристаллической решетки. Уравнения движения атомов. Простая и сложная одномерные цепочки атомов. Закон дисперсии упругих волн. Акустические и оптические колебания. Квантование колебаний. Фононы.
9. Теплоемкость твердых тел. Решеточная теплоемкость. Электронная теплоемкость. Температурная зависимость решеточной и электронной теплоемкости.
10. Квантовая теория теплоемкости по Эйнштейну и Дебаю. Предельные случаи высоких и низких температур. Температура Дебая.
11. Теплопроводность решеточная и электронная. Закон Видемана-Франца для электронной теплоемкости и теплопроводности.
12. Электронные свойства твердых тел: основные экспериментальные факты. Проводимость, эффект Холла, термоЭДС, фотопроводимость, оптическое поглощение. Трудности объяснения этих фактов на основе классической теории Друде.
13. Основные приближения зонной теории. Граничные условия Борна-Кармана. Теорема Блоха. Блоховские функции. Квазиимпульс. Зоны Бриллюэна. Энергетические юны.
14. Заполнение энергетических зон электронами. Поверхность Ферми. Плотность состояний. Металлы, диэлектрики и полупроводники. Полуметаллы.
15. Намагниченность и восприимчивость. Диамагнетики, парамагнетики и ферромагнетики. Законы Кюри и Кюри-Вейсса.
16. Природа ферромагнетизма. Роль обменного взаимодействия. Точка Кюри и восприимчивость ферромагнетика. Ферромагнитные домены. Доменные границы (Блоха, Нееля).
17. Антиферромагнетики. Магнитная структура. Точка Нееля. Восприимчивость антиферромагнетиков. Ферримагнетики. Магнитная структура ферримагнетиков.
18. Комплексная диэлектрическая проницаемость и оптические постоянные. Коэффициенты поглощения и отражения. Соотношения Крамерса-Кронига.
19. Поглощения света в полупроводниках (межзонное, примесное поглощение, поглощение свободными носителями, решеткой). Определение основных характеристик полупроводника из оптических исследований.
20. Проникновение высокочастотного поля в проводник. Нормальный и аномальный скин-эффекты. Толщина скин-слоя.
21. Сверхпроводимость. Критическая температура. Высокотемпературные сверхпроводники. Эффект Мейснера. Критическое поле и критический ток.
22. Сверхпроводники первого и второго рода. Их магнитные свойства. Вихри Абрикосова. Глубина проникновения магнитного поля в образец.

#### Рекомендуемая литература

1. Киттель Ч. Введение в физику твердого тела. М.: Наука, 1978.
2. Ашкрофт Н., Мермин Н. Физика твердого тела. Т. I, II. М.: Мир, 1979.
3. Уэрт Ч., Томсон Р. Физика твердого тела. М.: Мир, 1969.
4. Займан Дж. Принципы теории твердого тела. М.: Мир, 1974.
5. Павлов П.В., Хохлов А.Ф. Физика твердого тела. М.: Высш. шк., 2000.
- Вонсовский С.В. Магнетизм. М.: Наука, 1971.
6. Бонч-Бруевич В.Л., Калашников С.Г. Физика полупроводников. М.: Наука, 1979.
7. Шмидт В.В. Введение в физику сверхпроводимости. М.: МЦ НМО, 2000.





#### 4. Шкала оценивания вступительного испытания (один вопрос)

Уровень знаний поступающего оценивается экзаменационной комиссией по пятибалльной системе:

Балл	Критерии
5	<ol style="list-style-type: none"><li>1. Ответы на поставленные вопросы в билете излагаются логично, последовательно и не требуют дополнительных пояснений.</li><li>2. Демонстрируются глубокие знания дисциплин специальности.</li><li>3. Делаются обоснованные выводы.</li><li>4. Ответ самостоятельный, при ответе использованы знания, приобретённые ранее.</li><li>5. Продемонстрированы сформированы навыки исследовательской деятельности.</li></ol>
4	<ol style="list-style-type: none"><li>1. Ответы на поставленные вопросы в билете излагаются систематизировано и последовательно.</li><li>2. Демонстрируется умение анализировать материал, однако не все выводы носят аргументированный и доказательный характер.</li><li>3. Материал излагается уверенно, в основном правильно даны все определения и понятия.</li><li>4. Допущены небольшие неточности при выводах и использовании терминов.</li><li>5. Продемонстрирована склонность и начальные навыки к исследовательской деятельности.</li></ol>
3	<ol style="list-style-type: none"><li>1. Допускаются нарушения в последовательности изложения при ответе.</li><li>2. Демонстрируются поверхностные знания дисциплин специальности.</li><li>3. Имеются затруднения с выводами.</li><li>4. Определения и понятия даны нечётко.</li><li>5. Склонность и навыки исследовательской деятельности представлены слабо.</li></ol>
2	<ol style="list-style-type: none"><li>1. Материал излагается непоследовательно, сбивчиво, не представляет определенной системы знаний по дисциплине.</li><li>2. Не даны ответы на дополнительные вопросы комиссии.</li><li>3. Допущены грубые ошибки в определениях и понятиях.</li><li>4. Отсутствуют склонность и навыки исследовательской деятельности.</li></ol>



Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова»

## 5. Пример экзаменационного билета

**Министерство науки и высшего образования Российской Федерации**  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И.Носова

УТВЕРЖДАЮ:  
Руководитель ООП  
\_\_\_\_\_ Кадченко С.И.  
«\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

### ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ №1.

1. Ядерные реакции. Реакция деления и синтеза атомных ядер. Энергия ядерных реакций. Характеристика ядерных сил. Деление ядер урана (5 баллов).
2. Принципы работы основных механических, тепловых, электромагнитных и оптических приборов. Цена деления, класс точности приборов. Статистическая ошибка и способы ее расчета. (5 баллов).
3. Собеседования по реферату, тема которого предварительно сообщается поступающему руководителем аспирантуры (5 баллов).

**Программа вступительного экзамена составлена:**

Профессор кафедры ПМИИ, доктор физ.-мат. наук

Кадченко С.И.