

МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«ЮГО-ЗАПАДНЫЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
(ЮЗГУ)

УТВЕРЖДАЮ  
Председатель  
Приемной комиссии

С.Г. Емельянов

(подпись)

« 28 » марта 2022 г.



**ПРОГРАММА**  
**К ВСТУПИТЕЛЬНОМУ ЭКЗАМЕНУ В АСПИРАНТУРУ**  
по научной специальности

**1.3.8. Физика конденсированного состояния**

Курск 2022 г.

## I. Кристаллическая решетка

- I.1 Описание структуры кристаллических твердых тел
- I.2 Физические механизмы образования кристаллических твердых тел
- I.3 Дифракция излучений и частиц твердыми телами
- I.4 Анизотропия физических свойств кристаллических твердых тел
- I.5 Механические свойства твердых тел

## II. Дефекты кристаллической решетки

- 2.1 Точечные дефекты
- 2.2 Линейные дефекты — дислокации
- 2.3 Поверхностные и объемные дефекты
- 2.4 Сплавы

## III. Тепловые свойства твердых тел

- 3.1 Твердое тело как система независимых осцилляторов. Фононы
- 3.2 Колебания атомов в кристаллической решетке
- 3.3 Теплоемкость кристаллов. Закон Дюлонга и Пти.
- 3.4 Ангармоническое приближение

## IV. Зонная теория твердых тел

- 4.1 Расщепление атомных энергетических уровней электронов в кристалле и образование энергетических зон. Структура зоны
- 4.2 Движение электрона в периодическом поле кристалла. Функция Блоха. Модель Кронига-Пенни
- 4.3 Зоны Бриллюэна. Эффективная масса электрона
- 4.4 Деление тел на изоляторы, проводники и полупроводники с точки зрения зонной теории
- 4.5 Классическая теория электропроводности и её затруднения
- 4.6 Элементы квантовой теории электропроводности чистых металлов

## V. Электрические свойства твердых тел

- 5.1 Электронные состояния в твердых телах

- 5.2 Проводники, полупроводники и диэлектрики
- 5.3 Электропроводность проводников
- 5.4 Электрические свойства полупроводников
- 5.5 Контактные явления. Полупроводниковый переход
- 5.6 Вклад электронов в тепловые свойства кристаллов
- 5.7 Диэлектрические свойства кристаллов

## VI. Магнитные свойства твердых тел

- 6.1 Диамагнетизм и парамагнетизм
- 6.2 Природа магнитного упорядочения
- 6.3 Типы магнитного упорядочения
- 6.4 Температура Кюри. Модель среднего поля
- 6.5 Ферромагнетики и их свойства. Закон Кюри-Вейсса. Перестройка доменной структуры в процессе намагничивания ферромагнетика
- 6.6 Классическая теория ферромагнетизма Вейсса и её затруднения
- 6.7 Спиновые волны и вклад магнитного упорядочения в теплоемкость
- 6.8 Домены, механизмы перемагничивания и магнитные свойства
- 6.9 Методы измерения магнитных характеристик

## VII. Сверхпроводимость

- 7.1 Свойства веществ в сверхпроводящем состоянии
- 7.2 Теоретическое объяснение сверхпроводимости
- 7.3 Сверхпроводники 1-го и 2-го рода
- 7.4 Эффект Джозефсона
- 7.5 Применения сверхпроводимости в технике

## VIII. Взаимодействие излучений с твердыми телами

- 8.1 Поглощение электромагнитных излучений твердым телом (классическое рассмотрение)
- 8.2 Поглощение и излучение электромагнитных волн твердыми телами (квантовое рассмотрение)

### 8.3 Излучение электромагнитных волн твердыми телами

#### IX. Свойства нанокластеров и наноструктур

- 9.1 Классификация и методы получения нанокластеров и наноструктур
- 9.2 Углеродные кластеры. Малые углеродные кластеры. Фуллерены
- 9.3 Молекулярные лигандные кластеры
- 9.4 Безлигандные металлические кластеры
- 9.5 Коллоидные кластеры и наноструктуры
- 9.6 Фуллериты и углеродные нанотрубки
- 9.7 Твердотельные нанокластеры и наноструктуры. Тонкие плёнки
- 9.8 Механические и тепловые свойства наноструктур
- 9.9 Оптические и электронные свойства наносистем и наноматериалов
- 9.10 Магнитные свойства наноструктур

#### X. Жидкое состояние вещества

- 10.1. Уравнение состояния. Модельные теории строения жидкости. Дырочная модель. Радиальная функция распределения
- 10.2. Плотность, сжимаемость, теплоемкость жидкости
- 10.3. Ньютоновская вязкая жидкость. Реологические законы вязких несжимаемых жидкостей. Уравнения Навье – Стокса
- 10.4. Механизмы быстрых процессов в жидкостях
- 10.5. Магнитные коллоиды. Методы получения и структура. Применение в технике
- 10.6. Акустомагнитный и магнитоэлектрический эффекты в магнитной жидкости.

#### XI. Принципы термодинамики и статистической физики

- 11.1. Первое, второе и третье начала термодинамики. Термодинамические функции.
- 11.2. Энтропия. Статистическое обоснование закона возрастания энтропии.
- 11.3. Теплопроводность, уравнение теплопроводности, начальные и граничные условия.

- 11.4. Теплоемкости  $C_p$  и  $C_v$  в статических и быстропеременных процессах.
- 11.5. Адиабатическая и изотермическая сжимаемости.
- 11.6. Условия равновесия фаз.

## ХII. Физические методы экспериментального исследования конденсированных систем

- 12.1. Измерение плотности, вязкости (в статистическом и динамическом режимах).
- 12.2. Измерение магнитных и электрических параметров (магнитная индукция, намагниченность, магнитная восприимчивость, электросопротивление, диэлектрическая проницаемость).
- 12.3. Измерение оптических параметров (показатель преломления, вращение плоскости поляризации, определение линейных размеров микрообъектов).
- 12.4. Мессбауэровская (гамма-резонансная) спектроскопия
- 12.5. Методы сканирующей зондовой микроскопии
- 12.6. Методы электронной микроскопии
- 12.7. Рентгеновская спектроскопия и дифракция
- 12.8. Оптическая и колебательная спектроскопия
- 12.9. Рентгеноструктурный анализ, дифракция электронов
- 12.10. Методы радиоспектроскопии

## Литература

1. Киттель Ч., Введение в физику твердого тела. – М. : Наука, 1978. - 791 с.
2. Займан, Дж., Принципы теории твердого тела. – М. : Мир, 1974. - 472 с.
3. Ашкрофт Н.В., Физика твердого тела. – М. : Мир, 1979. - Т. 1. - 400 с.
4. Ашкрофт Н.В., Физика твердого тела. – М. : Мир, 1979. - Т. 2. - 422 с.
5. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Теоретическая физика. Статистическая физика. Теория конденсированного состояния. Т.9, ч.2. - М.: Физматлит. - 2004.

6. Байков Ю.А., Физика конденсированного состояния. –М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2011. - 294 с.
7. Гольдаде В.А., Физика конденсированного состояния. – Минск : Белорусская наука, 2009. - 648 с.
8. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Механика сплошных сред.- М.: Наука, 1953
9. Най Дж. Физические свойства кристаллов.- М. Мир, 1967
10. Беллюстин С.В. Классическая электронная теория. - М.: Высшая школа. - 1971
11. Винтайкин Б.Е. Физика твёрдого тела. Учеб, пособие для вузов. - СПб: Лань. - 2008.
12. Гинзбург И.Ф. Введение в физику твёрдого тела. - СПб: Лань. - 2007.
13. Гинзбург В.Л., Андриюшин Е.А. Сверхпроводимость. - М.: Альфа-М. - 2006.
14. Епифанов Г.И. Физика твердого тела. - СПб: Лань. - 2010.
15. Киттель Ч. Элементарная физика твердого тела. - М.: Наука. - 1965.
16. Левич В.Г. Введение в статистическую физику. - М.: Гостеориздат. - 1954.
17. Линтон Э. Сверхпроводимость. - М.: Мир. - 1971.
18. Несис Е.И., Скибин Ю.Н. Электронная теория магнетизма. - Ставрополь: Изд-во СГУ. - 1998.
19. Павлов П.В., Хохлов А.Ф. Физика твердого тела: Учебник для вузов. - М.: Высшая школа. - 2000.
20. Свирский М.С., Электронная теория вещества. - М.: Просвещение. - 1980.
21. Соколов А.А., Тернов И.М., Жуковский А.А. Квантовая механика. - М.: Наука. - 1979.
22. Физика твердого тела: Учебник для вузов / Под ред. И.К. Верещагина/. - М.: Высшая школа. - 2001.
23. Ципенюк Ю.М., Физические основы сверхпроводимости. - СПб: Лань. - 2003.
24. Эффект Джозефсона: Учебно-методическое пособие / Сост. Я.В. Фоминов, Н.М. Щелкачёв. - М.: МФТИ. - 2010.

25. Ноздрев В.Ф., Курс термодинамики.-М.: Просвещение, 1967
26. Степухович А.Д., Улицкий В.А., Лекции по статистической физике.- М.: Высшая шк., 1978
27. Сивухин Д.В., Общий курс физики. Т. 1-5.- М.: Наука, 1974
28. Шахпаронов М.И., Механизмы быстрых процессов в жидкостях.- М.: Высшая шк., 1980
29. Лойцянский Л.Г., Механика жидкости и газа. – М.: Дрофа, 2003
30. Полунин В.М., Акустические свойства нанодисперсных магнитных жидкостей. – М: Физматлит, 2012
31. Родионов А.А., Магнитные свойства вещества. – Курск : КГТУ, 2001. - Ч. 3 : Кн.2. - 221 с.
32. Павлов П.В., Физика твердого тела. – М. : Высшая школа, 2000. - 494 с.
33. Вознесенский Э.Ф., Методы структурных исследований материалов. Методы микроскопии. – Казань : Издательство КНИТУ, 2014. – 184 с.
34. Баранов А.В., Техника физического эксперимента в системах с пониженной размерностью. – СПб: СПбГУ ИТМО., 2009. - 186 с.
35. Основы нанотехнологии. Н. Т. Кузнецов, В. М. Новоторцев, В. А. Жабрев, В. И. Марголин. – Москва : Лаборатория знаний, 2017. - 400 с.
36. Старостин В.В., Материалы и методы нанотехнологии: Учебное пособие / Под общ. редакцией Л.Н. Патрикеева. - М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2008. - 431 с.
37. Уэйли Жу, Растровая электронная микроскопия для нанотехнологий: методы и применение. – М: Лаборатория знаний, 2017. - 601 с.
38. Ч. Пул, Ф Оуэнс, Серия: Мир материалов и технологий (2-е дополненное издание) М. Техносфера, 2006, 336 с.
39. Неволин В.К., Зондовые нанотехнологии в электронике. – М. : Техносфера, 2014. - 174 с.
40. Томас Г., Просвечивающая электронная микроскопия материалов. – Москва : Наука, 1983. - 317 с.
41. Основы аналитической электронной микроскопии. Д. Е. Ньюбури, Дж. М.

Каули, Д. Б. Вильямс; пер. с англ. - М. : Металлургия, 1990. - 583 с.

42. Сканирующая электронная микроскопия и рентгеноспектральный микроанализ в примерах практического применения. Авт., ред. М. М. Криштал [и др.]. - Москва: Техносфера, 2009. - 206 с.

43. Газенаур Е.Г., Методы исследования материалов. – Кемерово : Кемеровский государственный уни-верситет, 2013. - 336 с.

**44. Шкала оценивания и минимальное количество баллов,  
подтверждающее успешное прохождение вступительного  
испытания (для каждого вступительного испытания)**

Шкала оценивания (критерии выставления баллов)			
	50-65 баллов	66-84 баллов	85-100 баллов
49 баллов и менее	Минимальное количество баллов, подтверждающее успешное прохождение вступительного испытания – 50 баллов		
<p>Поступающий:</p> <p>- изложил менее 25% материала, требуемого федеральным государственным стандартом подготовки аспиранта по направлению;</p> <p>- продемонстрировал низкий уровень глубины изложения материала по направлению</p>	<p>Поступающий:</p> <p>- изложил от 50% до 75% материала, требуемого федеральным государственным стандартом подготовки аспиранта по направлению;</p> <p>- продемонстрировал уровень глубины изложения материала по направлению выше среднего</p>	<p>Поступающий:</p> <p>- изложил от 75% до 100% материала, требуемого федеральным государственным стандартом подготовки аспиранта по направлению;</p> <p>- продемонстрировал высокий уровень изложения материала по направлению.</p>	<p>Поступающий:</p> <p>- продемонстрировал владение материалом, как по полноте, так и по глубине полностью соответствующим требованиям федеральным государственным стандартом подготовки аспиранта по направлению;</p> <p>- владеет системой научных понятий, культурой мышления; фактами научных теорий; методами и процедурами профессиональной деятельности; умение поставить цель и сформулировать задачи, связанные с реализацией профессиональных функций.</p>

Программа обсуждена и рекомендована для вступительного экзамена в аспирантуру по специальности 1.3.8. «Физика конденсированного состояния» на заседании кафедры нанотехнологий, микроэлектроники, общей и прикладной физики протокол № 9 16.03.2022 г.