

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«УФИМСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ НАУКИ И ТЕХНОЛОГИЙ»

ПРОГРАММА
вступительного испытания
для поступающих в магистратуру по направлению подготовки
03.04.02 «Физика»

программа (профиль)
«Цифровые технологии в физике функциональных материалов»

ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Вступительные испытания предназначены для определения практической и теоретической подготовленности поступающего в магистратуру и проводятся с целью определения соответствия знаний умений и навыков требованиям обучения магистратуры по направлению подготовки 03.04.02 «Физика» (магистратура). Программа составлена в соответствии с требованиями федерального государственного образовательного стандарта высшего профессионального образования.

Вступительные испытания в магистратуру проводят экзаменационные комиссии, назначенные председателем приёмной комиссии УУНиТ.

ПРОЦЕДУРА ВСТУПИТЕЛЬНОГО ИСПЫТАНИЯ

Дата и время проведения вступительного испытания и консультации определяются расписанием вступительных испытаний, которое утверждается председателем приемной комиссии.

Перед вступительным испытанием для поступающих проводится консультация по содержанию программы испытания, критериям оценки, предъявляемым требованиям, правилам поведения на испытании.

Форма вступительного испытания (в соответствии Положением о вступительных испытаниях УУНИТ): тестирование.

Вступительные испытания в виде электронного тестирования проводятся в соответствии с программами вступительных испытаний, утверждаемых председателем предметной комиссии.

Составление вариантов экзаменационных заданий в форме электронных тестов осуществляется ответственным секретарем приемной комиссии университета.

Из вариантов экзаменационных заданий формируются комплекты вопросов-тестов.

Компоновку комплектов вопросов-тестов ответственный секретарь, заместитель ответственного секретаря производят до вступительных испытаний.

Тест содержит 30 тестовых вопросов.

Результаты испытаний оцениваются по 100 бальной шкале.

Абитуриент, не согласный с оценкой, полученной на ВИ и (или) в связи с нарушением процедуры проведения ВИ имеет право подать апелляцию. Процедура подачи и рассмотрения апелляции регламентируется Положением об апелляционной комиссии УУНиТ.

КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ ОТВЕТА

Критериями оценки экзаменационного ответа, поступающего в магистратуру являются полнота, логичность, доказательность, прочность, осознанность знаний и теоретическая обоснованность суждений, самостоятельность в интерпретации информации, практическая направленность, уровень овладения профессиональными умениями менеджера и др. В случае тестирования являются правильные ответы на тестовые задания.

При проверке количество первичных баллов переводится в итоговую 100 балльную шкалу через информационную платформу университета.

СОДЕРЖАНИЕ РАЗДЕЛОВ И ТЕМ ПРОГРАММЫ ВСТУПИТЕЛЬНОГО ИСПЫТАНИЯ

ЧАСТЬ 1. ОБЩАЯ ФИЗИКА.

МЕХАНИКА

1. Динамика материальной точки. Сила. Первый и третий законы Ньютона. Масса. Импульс. Импульс силы. Различные формулировки второго закона Ньютона.
2. Динамика тел переменной массы. Уравнение Мещерского. Формула Циолковского.
3. Работа силы. Связь работы и энергии. Кинетическая энергия поступательного движения. Потенциальная энергия деформации. Потенциальная энергия в однородном поле силы тяжести. Закон сохранения механической энергии.
4. Момент силы и момент импульса относительно оси. Уравнение вращательного движения твердого тела. Момент инерции.
5. Момент силы и момент импульса относительно точки. Уравнение моментов. Закон сохранения момента импульса системы.
6. Гармонические колебания. Колебания математического маятника и груза на пружине. Уравнения колебания и их решения. Изменения смещения, скорости, ускорения и энергии в процессе колебаний (графики).
7. Вынужденные колебания. Амплитудно-частотная и фазочастотная характеристики. Резонанс.
8. Механика деформируемых тел. Основные типы деформаций. Зависимость напряжения от относительного удлинения для деформации растяжения (график). Закон Гука. Модуль Юнга. Коэффициент Пуассона. Напряжения и деформации при сдвиге и кручении. Законы Гука для деформации сдвига и кручения. Модуль сдвига.
9. Законы Кеплера. Закон всемирного тяготения. Гравитационная и инертная массы. Принцип эквивалентности сил инерции и гравитации.

10. Основы гидро- и аэростатики. Законы Паскаля и Архимеда. Динамика стационарного течения жидкости. Уравнение Бернулли. Вязкость жидкости. Формула Пуазейля. Число Рейнольдса.

МОЛЕКУЛЯРНАЯ ФИЗИКА

11. Идеальный газ. Основное уравнение кинетической теории газов. Физический смысл абсолютной температуры.

12. Распределение молекул газа по скоростям (распределение Максвелла).

13. Явления переноса в газах. Вывод формулы коэффициента теплопроводности газов.

14. I начало термодинамики. Применение I начала термодинамики к рассмотрению различных процессов в идеальных газах.

15. II начало термодинамики. Понятие об энтропии. Закон возрастания энтропии.

16. Термодинамические потенциалы и их физический смысл.

17. Фазовые превращения I рода. Уравнение Клайперона-Клаузиуса.

18. Правило фаз. Диаграмма состояния трехфазной системы. Тройная точка.

19. Свойства жидкостей. Поверхностное натяжение. Уравнение Лапласа. Капиллярность.

20. Кристаллическое состояние вещества. Элементарная ячейка. Элементы симметрии кристаллов. Классификация кристаллов по их симметрии.

ЭЛЕКТРИЧЕСТВО И МАГНЕТИЗМ

21. Электрическое поле в вакууме. Заряд, напряженность электрического поля, принцип суперпозиции полей. Теорема Гаусса.

22. Работа в электростатическом поле. Потенциал. Связь вектора напряженности электрического поля с потенциалом.

23. Постоянный электрический ток. ЭДС. Законы Ома и Джоуля-Ленца. Правила Кирхгофа.

24. Природа носителей тока в металлах. Теория Друде-Лоренца. Основы квантовой теории твердых тел. Полупроводники.

25. Квазистационарные переменные токи. Закон Ома переменного тока. Резонанс токов и напряжений.

26. Электрические колебания. Свободные электрические колебания в контуре без активного сопротивления. Свободные затухающие колебания. Вынужденные колебания.

27. Закон взаимодействия токов в вакууме. Закон Био-Савара-Лапласа. Теорема о циркуляции вектора \mathbf{H} .

28. Описание поля в магнетиках. Условия на границе двух магнетиков. Закон Ампера. Типы магнетиков.

29. Электромагнитная индукция. Явление самоиндукции. Токи при замыкании и размыкании в цепи с индуктивностью. Энергия магнитного поля.

30. Электромагнитное поле. Вихревой характер электрического поля. Ток смещения. Уравнения Максвелла электромагнитного поля.

ОПТИКА

31. Интерференция волн. Способы получения когерентных волн делением волнового фронта (примеры) и делением амплитуды (полосы равного наклона, полосы равной толщины, кольца Ньютона).
32. Принцип Гюйгенса – Френеля. Метод зон Френеля. Дифракция Френеля от круглого отверстия и от круглого диска.
33. Метод графического сложения амплитуд. Дифракция Френеля на краю полуплоскости. Спираль Корню.
34. Дифракция Фраунгофера от щели. Дифракция света от двух щелей. Дифракционная решетка. Дифракция рентгеновских лучей на кристаллической решетке.
35. Нормальная и аномальная дисперсия. Основы электронной теории дисперсии.
36. Поляризация света. Закон Малюса. Закон Брюстера. Интерференция поляризованных лучей.
37. Двойное лучепреломление. Искусственное двойное лучепреломление. Вращение плоскости поляризации. Объяснение вращения плоскости поляризации по Френелю.
38. Рассеяние света. Рассеяние света в мутных средах. Молекулярное рассеяние света в газах.
39. Излучательная и поглощательная способности тел. Законы теплового излучения (Кирхгофа, Стефана-Больцмана, Вина). Формулы Рэлея-Джинса и Планка.
40. Виды фотоэффекта. Законы фотоэффекта. Уравнение Эйнштейна для внешнего фотоэффекта. Применение фотоэффекта.

ФИЗИКА АТОМОВ И АТОМНЫХ ЯВЛЕНИЙ

41. Волновые свойства частиц. Волны де Бройля. Экспериментальные подтверждения волновых свойств частиц. Опыт Девиссона и Джермера.
42. Дискретность атомных состояний. Опыт Франка и Герца. Спектр излучения атома водорода. Обобщенная формула Бальмера. Боровская теория атома водорода.
43. Уравнение Шредингера. Водородоподобный атом в свете квантовой теории. Физический смысл квантовых чисел электрона. Схема уровней энергии.
44. Спин электрона. Дублетная структура спектров атомов щелочных металлов. Опыты Штерна и Герлаха. Понятие о пространственном квантовании.
45. Полный механический момент многоэлектронного атома. L-S связь. Спин-орбитальное взаимодействие. Терм атома. Тонкая структура уровней.
46. Атом в магнитном поле. Полный магнитный момент многоэлектронного атома. Фактор Ланде.
47. Эффект Зеемана. Эффект Пашена-Бака. Электронный парамагнитный резонанс.

48. Электронные конфигурации и идеальная схема заполнения оболочек. Принцип Паули. Периодическая система Менделеева.
49. Рентгеновские спектры. Закон Мозли.
50. Сверхпроводимость и сверхтекучесть, их квантовая природа.

ФИЗИКА АТОМНОГО ЯДРА И ЧАСТИЦ

- 51.. Размеры и структура ядер. Структура нуклона. N-Z диаграмма атомных ядер. Масса и энергия связи ядра. Спин ядра.
52. Сильные взаимодействия. Свойства нуклон-нуклонного взаимодействия. Дейтрон. Изоспин.
53. Модели атомных ядер: капельная, оболочечная.
54. Радиоактивность. Закон радиоактивного распада. Альфа - распад. Бета-распад.
55. Ядерные реакции. Классификация. Законы сохранения в ядерных реакциях.
56. Механизмы ядерных реакций. Энергия реакции. Сечение. Порог реакции.
57. Взаимодействие ядерного излучения с веществом. Эффект Мессбауэра.
58. Слабые взаимодействия. Лептоны. Лептонные числа. Кванты слабого взаимодействия.
59. Кварки. Кварковая структура адронов. Барионы. Мезоны. Глюоны. Цвет.
60. Систематика частиц. Фундаментальные частицы.

ЧАСТЬ 2. ФИЗИКА КОНДЕНСИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ

1. Симметрия структуры кристаллов. Сингонии. Решетки Бравэ.
2. Пространственная решетка. Индексы Миллера. Элементарная ячейка и её параметры.
3. Уравнение Шредингера для кристалла. Адиабатическое и одноэлектронное приближения. Зонное приближение.
4. Основы зонной теории твердых тел. Металлы. Полупроводники. Диэлектрики.
5. Изоэнергетические поверхности. Эффективная масса электрона и дырки. Физический смысл эфф. массы.
6. Энергетические зоны. Основные понятия зонной теории полупроводников (валентная, запрещенная зоны, зона проводимости, дырки, энергетические уровни дефектов и примесей). Уровень Ферми.
7. Распределение Ферми-Дирака. Энергия Ферми. Распределение Максвелла - Больцмана
8. Распределение Бозе-Эйнштейна. Идеальный Бозе-газ. Бозе-Эйнштейновская конденсация.
9. Сверхпроводимость. Экспериментальные факты по сверхпроводимости.
10. Электронная теория проводимости металлов Друде - Лоренца. Закон Ома и Видемана-Франца. Основные понятия (подвижность, концентрация, длина свободного пробега, время релаксации носителей заряда).

11. Дифракция рентгеновских лучей (РЛ) на кристаллической решетке. Уравнение Вульфа – Брэггов.
12. Дифракция электронов на кристаллах.
13. Применение дифракции РЛ и электронной дифракции для структурного и фазового анализа твердых тел.
14. Физика диамагнетизма
15. Парамагнетизм.
16. Магнитная проницаемость. Магнитоупорядоченные вещества. Петля гистерезиса. Точка Кюри. Ферромагнетики. Домены.
17. Антиферромагнетики.
18. Магнитотвёрдые материалы, их параметры, их свойства и применение.
19. Материалы с прямоугольной петлёй гистерезиса. Специальные магнитные материалы.
20. Дефекты в кристаллах. Классификация дефектов. Вакансии, равновесная концентрация вакансий.
21. Дислокации. Вектор Бюргерса. Энергия дислокаций.
22. Стенки дислокаций, границы зерен.
23. Движение дислокаций, их связь с пластической деформацией. Барьер Пайерлса. Соотношение Холла-Петча.
24. Диффузия. Движущая сила диффузии. Законы Фика. Энергия активации диффузии.
25. Основные механизмы диффузии в твердых телах.
26. Модуль Юнга. Коэффициент Пуассона. Напряжения и деформации при сдвиге и кручении. Законы Гука для деформации сдвига и кручения. Модуль сдвига.
27. Фононы. Удельная теплоемкость решетки. Модели Дебая и Эйнштейна.
28. Экспериментальные методы определения фононного спектра.
29. Ангармонические взаимодействия в кристаллах и тепловое расширение.
30. Теплопроводность решетки. Температурная зависимость фононной теплопроводности.

ДЕМОВЕРСИЯ ЭКЗАМЕНАЦИОННОГО ВАРИАНТА

Пробный тест

1. Тело лежит на горизонтальной плоскости. Выберите пары сил, подчиняющихся третьему закону Ньютона:

1. Сила тяжести и сила реакции опоры.
2. Сила реакции опоры и вес тела.
3. Сила трения покоя и сила реакции опоры.
4. В этом примере нет сил, которые по 3-му закону равны по модулю и противоположны по направлению.
5. Нет правильного ответа.

2. Какая формула для работы неприменима для движения тела по горизонтальной плоскости, если сила сонаправлена с направлением движения?

1. $A = FS$
2. $A = \vec{F} \cdot \vec{S}$
3. $A = FS \cdot \sin\alpha$
4. $A = \int FdS$
5. Все применимы.

3. Тепловая машина получает 2000 Дж теплоты при температуре 727°C и отдает ее часть при температуре 527°C. Если машина работает с максимально возможным коэффициентом полезного действия, то работа, совершаемая ею наиболее близка к:

- 1) 2760 Дж 2) 1600 Дж 3) 1450 Дж 4) 2000 Дж 5) 400 Дж

4. Как называется переход вещества из твердой фазы в газообразную?

- 1) кристаллизация; 2) парообразование; 3) испарение;
4) возгонка; 5) сублимация

5. Выберите выражение, описывающее закон Ома в дифференциальной форме:

- 1) $U=I \cdot R$ 2) $I=dq/dt$ 3) $j=\sigma E$ 4) $\varepsilon = -\frac{d\Phi}{dt}$ 5) $q = \int_{t_1}^{t_2} I(t)dt$

6. Найдите напряженность магнитного поля, создаваемого бесконечно длинным проводом, по которому течет ток $I=6,28$ А, в точках, удаленных от провода на расстояние $r=10$ см. Ответ выразите в единицах А/м.

- 1) 2 2) 62.8 3) 50 4) 10 5) 31.4

7. Разность хода двух интерферирующих лучей монохроматического света равна $\lambda/4$. При этом разность фаз колебаний равна

- 1) $\pi/4$; 2) $\pi/2$; 3) π ; 4) $\pi/6$ 5) $5/4 \pi$

8. Коэффициент поглощения некоторого вещества для монохроматического света определенной длины волны равен 0.1 см^{-1} . Определите толщину слоя вещества, которая необходима для ослабления света в 2 раза.

- 1) 6,1 см; 2) 16.1 см; 3) 6.93 см;
4) 0.2 см 5) 0.93 см.

9. Нейтральный атом магния ($Z=12$) в основном состоянии имеет конфигурацию:

- 1) $1S^22S^22P^63S$ 2) $1S^22S^22P^63P$
3) $1S^22S^22P^63S^2$ 4) $1S^22S^32P^6$ 5) $1S^22S^22P^5$

10. Какое максимальное количество электронов согласно принципу Паули может находиться в M оболочке атома?

- 1) 2 2) 10 3) 14 4) 32 5) 18

11. В начале наблюдения было 8 млн. радиоактивных ядер. Через 30 суток остался 1 млн. Чему равен период полураспада (сут) данного радиоактивного изотопа?

- 1) 10 2) 5 3) 15• 4) 20 5) нет правильного ответа

12. Чем определяется барионный заряд ядра ?

- 1) Числом протонов Z ; 2) Числом нейтронов $A - Z$;
3) массовым числом A ; 4) Разностью $N - Z$.
5) нет правильного ответа

13. Выберите утверждение, дающее верное определение примитивной элементарной ячейки

- 1) Это элементарная ячейка с минимальным объемом
2) Это ячейка для кристалла, образованного атомами одного элемента
3) Это ячейка, составленная из трех элементарных трансляций базиса
4) Элементарная ячейка называется примитивной, если внутри нее только один узел

- 5) Нет верного ответа

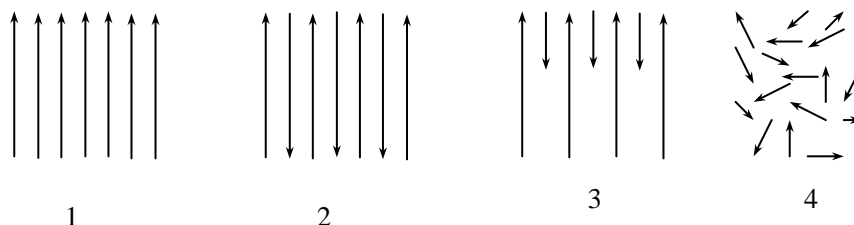
14. Выберите верную запись первого закона Фика:

- 1) $J_x = - D \cdot dc/dx$
2) $J_x = - D \cdot dc/dt$
3) $J_x = - N \cdot dc/dx$
4) $C(x) = - D \cdot dc/dx$
5) $N(x) = - N_0 \cdot dc/dx$

15. Энергия активации образования вакансии по Шоттки в некотором кристалле равна 1 эВ. Какая часть узлов решетки освободится за счет образования вакансий Шоттки при $727 \text{ }^\circ\text{C}$?

1) $1.38 \cdot 10^{-7}$ 2) $9.22 \cdot 10^{-6}$ 3) $4.5 \cdot 10^{-5}$ 4) $1.6 \cdot 10^{-19}$ 5) $9.1 \cdot 10^{-12}$

16. На каком рисунке изображено схематическое расположение магнитных моментов антиферромагнетика?

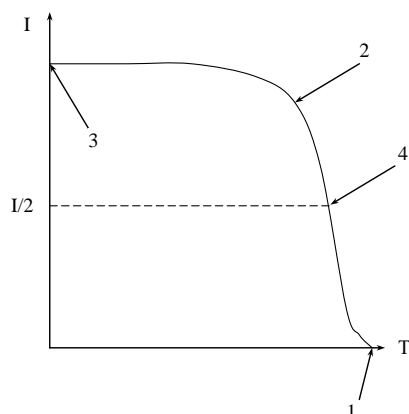


1) 1 2) 2 3) 3 4) 4 5) нет правильного ответа

17. Явление полного вытеснения магнитного поля из объёма проводника при его переходе в сверхпроводящее состояние:

- 1) называется эффектом Пиппарда
- 2) называется эффектом Ландау
- 3) называется эффектом Лондонов
- 4) называется эффектом Мейснера
- 5) называется эффектом Джозефсона

18. На рисунке схематически изображена зависимость намагниченности ферромагнетика от температуры. Какая точка соответствует температуре Кюри?

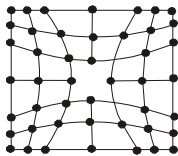


1) 1 2) 2 3) 3 4) 4 5) нет правильного ответа

19. Как называется отношение магнитного момента тела к его объёму?

- 1) магнитный поток
- 2) магнитная восприимчивость
- 3) намагниченность
- 4) индуктивность
- 5) магнитная проницаемость

20. На рисунке схематически изображен дефект в кристаллической решетке. Какому виду дефекта это соответствует?



- 1) вакансия 2) атом внедрения 3) атом замещения
4) граница двойникования 5) дислокация

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

МЕХАНИКА

1. Матвеев А.Н. Механика и теория относительности. - СПб. : Лань, 2009 .
2. Стрелков С.П. Механика.- СПб.:Изд-во «Лань», 2005.
3. Сивухин Д.В. Общий курс физики, т.1.- М.:Физматлит, 2006.
4. Савельев И.В. Курс общей физики, т.1.- СПб.:Изд-во «Лань» , 2007.

МОЛЕКУЛЯРНАЯ ФИЗИКА

1. Матвеев А.Н. Молекулярная физика. - М Изд-во «Лань», 2010
2. Кикоин А.К., Кикоин И.К. Молекулярная физика. - СПб.:Изд-во «Лань», 2007.
3. Савельев И.В. Курс общей физики, т.1. - СПб.:Изд-во «Лань» , 2007.
4. Сивухин Д.В. Общий курс физики. т.2. Термодинамика и молекулярная физика. – М.: Физматлит, 2005.
5. Иродов И.Е.Физика макросистем: основные законы. — М.: Бином, 2006.

ЭЛЕКТРИЧЕСТВО И МАГНЕТИЗМ

1. Матвеев А.Н. Электричество и магнетизм. - Изд-во «Лань», 2010
2. Сивухин Д.В. Общий курс физики, т.3. Электричество. - М.: Физматлит, 2002.
3. Савельев И.В. Курс общей физики. т.3. Электричество и магнетизм. Колебания и волны.

ОПТИКА

1. Г. С. Лансберг. Оптика. 7-е изд., стер. — М. : Физматлит, 2017 .— 854 с.
2. Сивухин Д.В. Общий курс физики. Оптика. - М.: Физматлит, 2005.
3. Матвеев А.Н. Оптика.- М.: Высшая школа, 1985.
4. Н. И. Калитеевский. Волновая оптика.— Изд. 5-е, стереот. — СПб. ; М. : Лань, 2008 .480 с.

ФИЗИКА АТОМОВ И АТОМНЫХ ЯВЛЕНИЙ

1. Э.В. Шпольский. Атомная физика.— М. : Лань, 2010 (в 2-х томах).
2. Матвеев А.Н. Атомная физика. - М.: Высшая школа, 1989.
3. Савельев И.В. Курс общей физики. т.3.-СПб.: Изд-во «Лань», 2005.
4. Сивухин Д.В. Общий курс физики. т.5. Атомная и ядерная физика. Ч.1.- М.: Физматлит, 2006.

ФИЗИКА АТОМНОГО ЯДРА И ЧАСТИЦ

1. Капитонов И.М. Введение в физику ядра и частиц. М., 2011
2. К.Н.Мухин. Экспериментальная ядерная физика. В 3-х тт. Т. 1. Физика атомного ядра М.: Изд. «Лань», 2009. – 384 с.; Т. 2. Физика ядерных реакций. М.: Изд. «Лань», 2009. -326 с.; Т.3. Физика элементарных частиц. М.: Изд. «Лань», 2008. -432 с.
3. Сивухин Д.В. Общий курс физики т.5. Атомная и ядерная физика. Ч.2.- М.: Физматлит, 2006.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА ПО ОБЩЕЙ ФИЗИКЕ:

1. Борн М., Вольф Э. Основы оптики. М.: Наука, 1973.
2. Трофимова Т.И. Курс физики.- М.: Высшая школа, 2007.

ФИЗИКА КОНДЕНСИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ:

1. Епифанов, Георгий Иванович. Физика твердого тела : учеб. пособие / Г. И. Епифанов .— 3-е, испр. — СПб. : Лань, 2010 .— 288 с. -60 экз.
2. Павлов П.П., Хохлов А.Ф. Физика твердого тела (3-е издание) М.: Высшая школа. 2000. 504 с.
3. Матухин, Вадим Леонидович. Физика твердого тела : учеб. пособие / В. Л. Матухин, В. Л. Ермаков .— СПб. ; М. ; Краснодар : Лань, 2010 .— 224 с.
4. Шаскольская М. П. Кристаллография.- М.: Высшая школа, 2008 г.
5. Шалимова, Клавдия Васильевна. Физика полупроводников : учебник / К. В. Шалимова .— Изд. 4-е, стер. — СПб. : Лань, 2010 .— 400 с.
6. Н. Ашкрофт, Н. Мермин Физика твердого тела. - М.: Мир, 1986 г. (2 т.)
7. Ч. Киттель. Квантовая теория твердых тел. - М.: Наука, 1968 г.
8. Ч. Киттель. Введение в физику твердого тела. - М.: Наука, 1978 г. 791 с.
9. Брандт, Николай Борисович. Квазичастицы в физике конденсированного состояния / Н. Б. Брандт, В. А. Кульбачинский .— Изд. 2-е, испр. — М. : Физматлит, 2007 .— 632 с.
10. Дж. Займан Принципы теории твердых тел. - М.: Мир, 1966 г.
11. У. Харрисон Электронная структура и свойства твердых тел. - М.: Мир, 1983 г., (2 т.).
12. Келли А., Гровс Г. Кристаллография и дефекты в кристаллах.- М.: Мир, 1974г.
13. Ф.Дж. Блатт Физика электронной проводимости в твердых телах. - М.: Мир, 1971 г.
14. Федотов А. К. Физическое материаловедение. В 3-х ч. Часть 1. Физика твердого тела. Минск: Вышэйшая школа, 2010. 400 с. ЭБС «Электронная библиотека онлайн», электронное издание.
15. Каллистер, мл., Уильям Д. Материаловедение: от технологии к применению (Металлы. Керамика. Полимеры) / У. Д. Каллистер, мл., Д. Дж. Ретвич ; пер. с англ. А. Я. Малкина . 3-е изд. С.-Пб. : НОТ, 2011 .— 896 с.
16. Д.Д.Мишин Магнитные материалы. Изд.-во. Высшая школа. М., 1991 г.