

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Владимирский государственный университет
имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»
(ВлГУ)

Институт прикладной математики, физики и информатики
(Наименование института)

УТВЕРЖДАЮ:
Директор института

К.С. Хорьков
« 30 » 08 2021 г.



РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
ФИЗИКА КОНДЕНСИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ ВЕЩЕСТВА

(наименование дисциплины)

направление подготовки / специальность

28.03.01 Нанотехнологии и микросистемная техника

(код и наименование направления подготовки (специальности))

направленность (профиль) подготовки

Нанотехнологии и микросистемная техника

(направленность (профиль) подготовки))

г. Владимир
Год 2021

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью освоения дисциплины «Физика конденсированного состояния вещества» является ознакомление с основами современной физики конденсированного состояния, включающих общие представления о строении кристаллов, механизмах протекающих в кристаллах процессах, влиянии структуры твердых тел на их физические свойства. Изучение дисциплины должно способствовать формированию глубоких знаний в области физики и выработке способности сопоставлять наблюдаемые физические явления с фундаментальными физическими закономерностями. А также, формирование представлений о процессах и явлениях, протекающих в наноструктурах и материалах, выполненных на их основе, при разных видах воздействий.

Задачи:

изучение форм состояния материи: газы, жидкости, твердое состояние и плазма; влияния структуры материи на их физические свойства на основе классических и квантовых представлений.

изучение особенностей атомной и электронной структуры наноматериалов; знакомство с низкоразмерными структурами, технологиями и материалами на их основе;

получение представлений о современных методах диагностики наноматериалов.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП

Дисциплина «Физика конденсированного состояния вещества» относится к обязательной части учебного плана.

3. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения ОПОП (компетенциями и индикаторами достижения компетенций).

Формируемые компетенции (код, содержание компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине, в соответствии с индикатором достижения компетенции		Наименование оценочного средства
	Индикатор достижения компетенции (код, содержание индикатора)	Результаты обучения по дисциплине	
ОПК -1. Способен решать задачи профессиональной деятельности на основе применения естественнонаучных и общеинженерных знаний, методов математического анализа и моделирования	ОПК-1.1. Знает основные законы естественных наук, методы математического анализа и моделирования, основные законы и методы общеинженерных дисциплин. ОПК-1.2. Умеет использовать физические законы и принципы в своей профессиональной деятельности, проводить эксперименты по определению физико-химических свойств неорганических и органических веществ, проводить измерение основных электрических величин, определять параметры и характеристик электрических и электронных устройств. ОПК-1.3. Владеет математическим аппаратом для описания, анализа, теоретического и экспериментального исследования и моделирования физических и химических систем, явлений и процессов, использования в обучении и профессиональной деятельности	Знать: законы и принципы естественнонаучных дисциплин, методы математического анализа и моделирования. Уметь: использовать физические законы и принципы в своей профессиональной деятельности; проводить эксперименты по определению физико-химических свойств неорганических и органических веществ; проводить измерение основных электрических величин, определять параметры и характеристик электрических и электронных устройств; использовать прикладные программы и средства автоматизированного проектирования при решении инженерных задач. Владеть: математическим аппаратом для описания, анализа, теоретического и экспериментального исследования и моделирования физических и химических систем, явлений и процессов, использования в обучении и профессиональной	Тестовые вопросы Ситуационные задачи Практико-ориентированное задание

		деятельности.	
ОПК-5.	ОПК-5.1. Знает перечень оборудования на производстве и в лаборатории, обеспечивающего безопасную работу при производстве и исследовании материалов и компонентов нано- и микросистемной техники, основы нано безопасности. ОПК-5.2. Умеет оценивать по критериям эффективности и безопасности технические решения по технологии и применению материалов и компонентов нано- и микросистемной техники. ОПК-5.3. Владеет методами анализа и контроля наноструктурированных материалов и систем.	Знать: перечень оборудования на производстве и в лаборатории, обеспечивающего безопасное производство при производстве и исследовании материалов и компонентов нано- и микросистемной техники; основы нанобезопасности. Уметь: оценивать по критериям эффективности и безопасности технические решения по технологии и применению материалов и компонентов нано- и микросистемной техники. Владеть: методами анализа и контроля наноструктурированных материалов и систем.	Тестовые вопросы Ситуационные задачи Практико-ориентированное задание
ПК-1. Способен проводить физико-математическое моделирование исследуемых процессов нанотехнологии и объектов нано- и микросистемной техники с использованием современных компьютерных технологий.	ПК-1.1. Знает физические и математические законы и модели физических процессов, лежащих в основе принципов действия объектов нанотехнологии и микросистемной техники. ПК-1.2. Умеет решать задачи, использовать математический аппарат и численные методы компьютерного моделирования объектов нанотехнологии и микросистемной техники. ПК-1.3. Владеет математическим аппаратом и методами компьютерных технологий для моделирования объектов нанотехнологии и микросистемной техники.	Знать: физические и математические законы и модели физических процессов, лежащих в основе принципов действия объектов нанотехнологии и микросистемной техники. Уметь: решать задачи, использовать математический аппарат и численные методы компьютерного моделирования объектов нанотехнологии и микросистемной техники. Владеть: математическим аппаратом и методами компьютерных технологий для моделирования объектов нанотехнологии и микросистемной техники.	Отчет по практической подготовке (приложение 1) Тестовые вопросы Ситуационные задачи Практико-ориентированное задание

4. ОБЪЕМ И СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Трудоемкость дисциплины составляет 15 зачетных единиц, 540 часов

Тематический план

форма обучения – очная

№ п/п	Наименование тем и/или разделов/тем дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Контактная работа обучающихся с педагогическим работником				Самостоятельная работа	Формы текущего контроля успеваемости, форма промежуточной аттестации (по семестрам)
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	в форме практической подготовки		
1	Механические и тепловые свойства твердых тел	3	1-3	6	4	2	12	49	
2	Электронные свойства твердых тел	3	4-11	16	6	6	11	50	Рейтинг-контроль №1
3	Магнитные свойства вещества	3	12-15	8	4	6	14	49	Рейтинг-контроль №2
4	Сверхпроводимость	3	16-18	6	2	4	11	50	Рейтинг-контроль №3

Всего за <u>3</u> семестр:		180	18	36	18	-	-	99	Экзамен(27)
1	Атомная и электронная структуры твердых тел.	4	1-7	14	21	6	13	82	Рейтинг-контроль №1
2	Наносистемы и наноматериалы.	4	8-11	8	12	6	10	52	Рейтинг-контроль №2
3	Свойства наноматериалов.	4	12-18	14	21	6	13	82	Рейтинг-контроль №3
Всего за <u>4</u> семестр:		360	18	36	54	18		216	Экзамен(36)
Наличие в дисциплине КП/КР									
Итого по дисциплине		540		72	72	18		315	Экзамен(63)

Семестр 3

Содержание лекционных занятий по дисциплине

Раздел 1. Механические и тепловые свойства твердых тел

Тема 1. Строение кристаллов и их механические свойства. (6 часов)

Содержание темы. Кристаллы, аморфные тела и жидкости. Элементарная ячейка кристаллической решетки. Трансляционная симметрия. Типы элементарных ячеек. Модель сплошной среды. Обратимые (упругие) деформации. Закон Гука. Предел упругости. Необратимые (пластические) деформации. Текучесть. Предел прочности. Дефекты кристаллической решетки (точечные, линейные, двумерные и объемные). Влияние дефектов на свойства кристаллов.

Тема 2. Тепловые свойства кристаллов. (18 часов)

Содержание темы. Модель теплового движения кристаллической решетки. Классическая теория теплоемкости кристалла. Закон Дюлонга и Пти. Теория Дебая. Нормальные колебания кристаллической решетки. Частота и температура Дебая. Тепловое расширение кристаллов. Температура плавления. Теплопроводность кристаллической решетки.

Раздел 2. Электронные свойства твердых тел

Тема 3. Модель свободных электронов металла

Содержание темы. Теория электронного газа П. Друде. Закон Видемана-Франца. Квантовая теория Зомерфельда. Распределение Ферми-Дирака.

Тема 4. Зонная теория кристаллов. (6 часов)

Содержание темы. Волновая функция электрона в периодическом потенциальном поле. Теорема Блоха. Квазиимпульс. Теорема Крамерса. Уравнение движения электрона проводимости в электрическом поле. Эффективная масса электрона. Собственные полупроводники. Понятие дырки. Зависимость электропроводности собственного полупроводника от температуры. Примесные полупроводники. Примеси донорного и акцепторного типов. Электронная и дырочная проводимости. Диэлектрики. Проводимость диэлектриков. Электрический пробой диэлектриков. Пьезоэлектрики и сегнетоэлектрики.

Раздел 3. Магнитные свойства вещества

Тема 5. Основные виды магнетиков (8 часов).

Содержание темы. Магнитные свойства атома. Магнитные моменты элементарных частиц. Магнетон Бора и ядерный магнетон. Гиромагнитное отношение. Отклик атома на внешнее магнитное поле. Эффект Зеемана. Магнитное поле в веществе. Намагниченность. Магнитная восприимчивость и проницаемость. Диа-, пара- и ферромагнетики. Основные свойства ферромагнетиков. Домены. Температура Кюри. Кривая намагничивания. Гистерезис. Физическая природа ферромагнетизма. Обменное взаимодействие электронов. Антиферромагнетики. Ферримагнетики. Спиновые волны.

Раздел 4. Сверхпроводимость

Тема 6. Физические свойства сверхпроводников. Эффекты Джозефсона (6 часов)

Содержание темы. Явление сверхпроводимости. Критическая температура. Куперовские пары. Энергетическая щель. Магнитные свойства сверхпроводников. Поверхностный сверхпроводящий ток. Эффект Мейснера. Критическое магнитное поле. Сверхпроводники второго рода. Квантование магнитного потока. Эффект Ааронова – Бома.

Система слабо связанных сверхпроводников. Эффекты Джозефсона. Сверхпроводящий квантовый интерференционный детектор магнитного поля. Высокотемпературная сверхпроводимость.

Семестр 3

Содержание практических занятий по дисциплине

1. Постоянная Маделунга.
2. Теплоемкость твердых тел.
3. Типы кристаллических решеток.
4. Волновая функция электрона в одномерном периодическом потенциале.

Возникновение запрещенных зон.

5. Метод сильной связи для расчета зонной структуры твердого тела.
6. Метод слабой связи (разложение по бегущим волнам).
7. Сфера Ферми.
8. Поверхность Ферми в двумерных и трехмерных кристаллах.
9. Сверхпроводимость.

Семестр 4

Содержание лекционных занятий по дисциплине

Раздел 1. Атомная и электронная структуры твердых тел.

1. Атомно-кристаллическое строение твердых тел.
2. Зонная структура и статистика полупроводников.
3. Квантово-размерные эффекты в наноструктурах. Плотность состояний.
4. Полупроводниковые низкоразмерные структуры.
5. Электроны в периодических структурах. Блоховские волны.
6. Дисперсионные кривые. Зоны Бриллюэна.
7. Волновой вектор. Эффективная масса.

Раздел 2. Наносистемы и наноматериалы.

1. Квазичастицы в наноматериалах.
2. Экситоны и экситонные поляритоны.
3. Гетероструктуры и сверхрешетки.
4. Фотонные кристаллы. Квантовые микрорезонаторы.

Раздел 3. Свойства наноматериалов.

1. Рассеяние в наноструктурах. Релеевское рассеяние.
2. Рассеяние Мандельштама-Бриллюэна. Рамановское рассеяние.
3. Тепловые свойства кристаллической решетки. Модель фононного взаимодействия.
4. Сверхпроводимость кристаллических тел.
5. Магнитные свойства кристаллических материалов.
6. Нелинейные эффекты в наноматериалах.
7. Дефекты в кристаллах. Дефекты Шоттки и Френкеля.

Содержание практических занятий по дисциплине

Тема 1. Элементы зонной теории. Собственная и примесная проводимость.

Тема 2. Локализация электронов в простейших наноструктурах. Размерное квантование.

Тема 3. Собственная функция одноэлектронного гамильтониана для поля с периодическим потенциалом. Осцилляции Блоха.

Тема 4. Потенциальные барьеры и ямы в наноструктурах.

Тема 5. Гетероструктуры и гетеропереходы.

Тема 6. Рассеяние в наноструктурах. Расчет параметров рассеяния.

Тема 7. Нелинейные эффекты в наноматериалах.

Тема 8. Генерация второй гармоники и условие фазового синхронизма

Тема 9. Дефекты в наноструктурированных материалах.

Содержание лабораторных занятий по дисциплине

1. Основы зондовой сканирующей микроскопии.
2. Растровая электронная микроскопия.
3. Спектроскопические методы анализа наноматериалов (Оже, ядерный магнитный резонанс, Мёссбауэр).
4. Рентгенодифракционные методы исследования структуры наноматериалов.
5. Работа с международными банками структурных данных.

5. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ И УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ

5.1. Текущий контроль успеваемости

Семестр 3

Примерный список вопросов к рейтинг-контролю №1

1. Кристаллы, аморфные тела и жидкости. Сходства и различия.
2. Элементарная ячейка кристаллической решетки. Трансляционная симметрия.
3. Типы элементарных ячеек.
4. Модель сплошной среды. Обратимые (упругие) деформации. Закон Гука. Предел упругости. Необратимые (пластические) деформации.
5. Дефекты кристаллической решетки (точечные, линейные, двумерные и объемные). Влияние дефектов на свойства кристаллов.
6. Модель теплового движения кристаллической решетки.
7. Классическая теория теплоемкости кристалла. Закон Дюлонга и Пти.
8. Теория теплопроводности Эйнштейна.
9. Теория Дебая. Нормальные колебания кристаллической решетки. Частота и температура Дебая.
10. Тепловое расширение кристаллов. Температура плавления. Теплопроводность кристаллической решетки.

Примерный список вопросов к рейтинг-контролю №2

1. Теория электронного газа П. Друде. Закон Видемана-Франца.
2. Квантовая теория Зомерфельда. Распределение Ферми-Дирака.
3. Волновая функция электрона в периодическом потенциальном поле. Теорема Блоха.
4. Эффективная масса электрона в кристалле.
5. Зонная теория твердого тела и статистика носителей заряда.
6. Металлы, диэлектрики и полупроводники с точки зрения зонной теории.
7. Электропроводность полупроводников (собственная, примесная).
8. Влияние примесей на процесс электропроводности.
9. Генерация и рекомбинация носителей заряда в полупроводниках.
10. Диффузия и дрейф носителей заряда в полупроводниках.
11. Поведение полупроводников в сильных электрических полях.
12. Механизм образования р-п-перехода, высота и ширина потенциального барьера в равновесном состоянии.

Примерный список вопросов к рейтинг-контролю №3

1. Магнитные свойства атома. Магнитные моменты элементарных частиц. Магнетон Бора и ядерный магнетон. Гиромагнитное отношение.
2. Отклик атома на внешнее магнитное поле. Эффект Зеемана.
3. Магнитное поле в веществе. Намагниченность. Магнитная восприимчивость и проницаемость.
4. Диа-, пара- и ферромагнетики.

5. Основные свойства ферромагнетиков. Домены. Температура Кюри. Кривая намагничивания. Гистерезис.
6. Физическая природа ферромагнетизма. Обменное взаимодействие электронов.
7. Антиферромагнетики. Ферримагнетики.
8. Явление сверхпроводимости. Критическая температура.
9. Куперовские пары. Энергетическая щель.
10. Магнитные свойства сверхпроводников. Поверхностный сверхпроводящий ток. Эффект Мейснера. Критическое магнитное поле.
11. Сверхпроводники второго рода. Квантование магнитного потока.

Семестр 4

Примерный список вопросов к рейтинг-контролю №1

1. Зонная теория проводимости.
2. Донорные и акцепторные полупроводники.
3. Квантово-размерные эффекты в наноструктурах.
4. Плотность состояний.
5. Низкоразмерные структуры.
6. Дисперсионные уравнения и кривые.
7. Теорема Блоха.
8. Зоны Бриллюэна.
9. Волновой вектор. Эффективная масса.

Примерный список вопросов к рейтинг-контролю №2

1. Рассеяние в наноматериалах.
2. Тепловые свойства наноструктур. Фононная модель.
3. Сверхпроводимость. Бозе-конденсат.
4. Нелинейные эффекты в наноструктурированных материалах.
5. Генерация второй гармоники и условие фазового синхронизма.
6. Магнитные эффекты в наноматериалах.
7. Дефекты в наноструктурированных материалах.
8. Спектральные методы исследования.
9. Рентгенодифракционные методы исследования.

5.2. Промежуточная аттестация по итогам освоения дисциплины (экзамен).

Семестр 3

Примерный перечень вопросов к экзамену

1. Классификация твердых тел по типу связи. Основные типы химических связей в твердых телах.
2. Молекулярные кристаллы. Ионные кристаллы. Постоянная Маделунга.
3. Ковалентная связь. Металлическая связь.
4. Элементарная ячейка кристаллической решетки. Трансляционная симметрия. Типы элементарных ячеек.
5. Модель сплошной среды. Обратимые (упругие) деформации. Закон Гука. Предел упругости.
6. Продольные и поперечные упругие волны. Фазовая скорость упругих волн. Фононы.
7. Классификация дефектов кристаллической решетки. Точечные дефекты. Равновесная концентрация тепловых дефектов
8. Классификация дефектов кристаллической решетки. Линейные дефекты.
9. Модель теплового движения кристаллической решетки. Классическая теория теплоемкости кристалла. Закон Дюлонга и Пти.
10. Квантовая теория Эйнштейна. Теплоемкость кристаллов вблизи абсолютного нуля температур.
11. Теория Дебая. Нормальные колебания кристаллической решетки. Частота и температура Дебая.

12. Классическая теория электронного газа П. Друде. Теплоемкость классического электронного газа. Закон Видемана-Франца.
13. Квантовая теория свободных электронов металлов А. Зоммерфельда. Одночастичное приближение. Энергетический спектр электронов. Плотность состояний свободных электронов.
14. Квантовая теория свободных электронов Зоммерфельда. Распределение Ферми-Дирака. Теплопроводность, электропроводность и теплоемкость электронного газа.
15. Волновая функция электрона в периодическом потенциальном поле. Теорема Блоха. Квазиимпульс.
16. Образование энергетических зон в кристалле в пределе слабого периодического потенциала.
17. Модель сильной связи электрона атомом и образование энергетических зона в кристалле.
18. Модель Кронинга-Пенни.
19. Заполнение энергетических зон электронами. Поверхность Ферми для электрона в кристалле. Разделение кристаллов на проводники, диэлектрики и полупроводники.
20. Движение электрона проводимости в электрическом поле. Эффективная масса электрона.
21. Собственные и примесные полупроводники. Понятие дырки. Примеси донорного и акцепторного типов. Электронная и дырочная проводимости. Концентрация свободных носителей.
22. Сегнетоэлектрики и пьезоэлектрики.
23. Магнитные свойства атома. Эффект Зеемана.
24. Магнитное поле в веществе. Намагниченность. Магнитная восприимчивость и проницаемость. Понятие о диа-, пара- и ферромагнетиках.
25. Ферромагнетики и их свойства. Доменная структура. Кривая намагничивания.
26. Физическая природа ферромагнетизма. Обменное взаимодействие электронов. Антиферромагнетики. Ферримагнетики.
27. Сверхпроводимость и эффекты, связанные с ней.
28. Теория сверхпроводимости Лондонов.
29. Куперовские пары. Микроскопическая теория сверхпроводимости Бардина-Купера-Шриффера.

Семестр 4

1. Зонная теория проводимости. Собственные и примесные полупроводники.
2. Размерные эффекты в наноструктурах. Плотность состояний. Низкоразмерные структуры.
3. Электрон в поле с периодическим потенциалом. Теорема Блоха.
4. Дисперсионные кривые. Зоны Бриллюэна. Эффективная масса.
5. Квазичастицы в наноматериалах.
6. Экситонные поляритоны и технологии на их основе.
7. Гетероструктуры с квантовыми ямами и сверхрешетки.
8. Фотонные кристаллы.
9. Релеевское рассеяние. Рассеяние Мандельштама-Бриллюэна.
10. Рамановское рассеяние. Рассеяние Ми.
11. Фононная модель тепловых колебаний.
12. Сверхпроводимость материалов. Бозе-конденсация.
13. Магнитные свойства наноматериалов.
14. Нелинейные эффекты в наноматериалах.
15. Дефекты в наноструктурированных материалах.
16. Зондовая сканирующая микроскопия.
17. Растровая электронная микроскопия для диагностики наноматериалов.
18. Спектроскопические методы анализа наноматериалов.

19. Рентгенодифракционные методы исследования структуры наноматериалов.

5.3. Самостоятельная работа обучающегося.

Семестр 3

Примерные вопросы для самостоятельной работы студентов

1. Физическая модель границы металла. Работа выхода электрона.
2. Внешний и внутренний фотоэффекты
3. Понятие о гетероструктурах
4. Электрический контакт двух полупроводников с разными типами проводимости (р/п – переход).
5. Электрический контакт двух металлов. Внутренняя и внешняя контактные разности потенциалов.
6. Математический аппарат теории сверхпроводимости Лондонов.
7. Обменное взаимодействие.

Семестр 4

Примерные вопросы для самостоятельной работы студентов

1. Особенности физических взаимодействий на наномасштабах.
2. Описание движения наночастиц. Уравнение Шредингера.
3. Гамильтониан. Собственные функции и собственные значения.
4. Туннельный эффект и надбарьерное отражение.
5. Квантовые микрорезонаторы.
6. Модель Дебая. Фононная теплоемкость в модели Дебая.
7. Масс-спектрографический метод исследования наноматериалов.
8. Диффузия в кристаллических телах.

Фонд оценочных материалов (ФОМ) для проведения аттестации уровня сформированности компетенций обучающихся по дисциплине оформляется отдельным документом.

6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

6.1. Книгообеспеченность

Наименование литературы: автор, название, вид издания, издательство	Год издания	КНИГООБЕСПЕЧЕННОСТЬ
		Наличие в электронном каталоге ЭБС
Основная литература*		
1. Аракелян С.М., Введение в фемтонанопотонику: фундаментальные основы и лазерные методы управляемого получения и диагностики наноструктурированных материалов : учебное пособие / С.М. Аракелян, А.О. Кучерик, В.Г. Прокошев, В.Г. Рау, А.Г. Сергеев; под общ. ред. С.М. Аракеяна - М. : Логос, 2017. - 744 с.	2017	http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785987048122.html
2. Донских, С. А. Основы современного материаловедения : тесты / С. А. Донских, В. Н. Семина, С. С. Белоконова. — Саратов : Ай Пи Эр Медиа, 2018. — 85 с.	2018	http://www.iprbookshop.ru/71573.html
3. Физика конденсированного состояния в примерах и задачах : учебное пособие для студентов, обучающихся по направлению 04.03.02 «Химия, физика и механика материалов» / В.Н. Белко [и др.]. — Воронеж : Воронежский государственный технический университет, ЭБС АСВ, 2017. — 79 с.	2017	IPR BOOKS : [сайт]. — URL: https://www.iprbookshop.ru/72951.html
Жандун В.С. Задачи по физике конденсированного состояния вещества : учебное пособие / Жандун В.С., Мацынин А.А.. — Красноярск : Сибирский государственный университет науки и технологий имени академика М. Ф. Решетнева, 2020. — 124 с.	2020	IPR BOOKS : [сайт]. — URL: https://www.iprbookshop.ru/107200.html
Дополнительная литература		
1. Величко А.А., Методы исследования микроэлектронных и нанозлектронных материалов и структур : учеб. пособие / Величко А.А. - Новосибирск : Изд-во НГТУ, 2014. - 227 с.	2014	http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785778225343.html

2. Филимонова, Н. И. Методы исследования микроэлектронных и наноэлектронных материалов и структур. Сканирующая зондовая микроскопия. Часть I: учебное пособие / Н. И. Филимонова, Б. Б. Кольцов. — Новосибирск : Новосибирский государственный технический университет, 2013. — 134 с.	2013	http://www.iprbookshop.ru/45104.html
3. Румянцев А.В. Введение в физику конденсированного состояния вещества : учебное пособие / Румянцев А.В.. — Калининград : Балтийский федеральный университет им. Иммануила Канта, 2012. — 119 с. — ISBN 978-5-9971-0221-0. — Текст : электронный	2012	IPR BOOKS : [сайт]. — URL: https://www.iprbookshop.ru/23770.html

6.2. Периодические издания

1. УФН;
2. ЖЭТФ;
3. Кристаллография.

6.3. Интернет-ресурсы

1. Кристаллографическая и кристаллохимическая база данных для минералов и их структурных аналогов «МИНКРИСТ»// Режим доступа: <http://database.iem.ac.ru/mincryst/rus/>
2. Кембриджский банк структурных данных// Режим доступа: http://webcsd.ccdc.cam.ac.uk/client_log_in.php?first_attempt=1
3. Научная электронная библиотека. – Режим доступа: <http://elibrary.ru>
4. Мир науки и техники. – Режим доступа: <http://mirnt.ru/>

7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Для реализации данной дисциплины имеются специальные помещения для проведения занятий *лекционного типа, занятий практического/лабораторного типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, а также помещения для самостоятельной работы.* Практические/лабораторные работы проводятся в 106-З, 107-З, 105-З.

Перечень используемого оборудования:

- 1) Порошковый дифрактометр D8 ADVANCE.
- 2) Анализатор азота и кислорода в металлах и сплавах МЕТАВАК-АК
- 3) Зондовая станция Интегра-SpectaUprightmax.
- 4) Рентгеновский дифрактометр SAXESS.
- 5) Сканирующая зондовая лаборатория NtegraAura.

Перечень используемого лицензионного программного обеспечения: MS Word, MS Excel, Matlab.

Рабочую программу составил проф. каф. ФИПМ, Бутковский О.Я.

(должность, ФИО, подпись)

Рецензент

Генеральный директор ООО «ВладИнТех»

(место работы, должность, ФИО, подпись)

А.В. Осипов

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры ФиПМ

Протокол №1 от 30.08.2021 года

Заведующий кафедрой

(ФИО, подпись)

С.М. Аракелян

Рабочая программа рассмотрена и одобрена

на заседании учебно-методической комиссии направления 28.03.01

Протокол №1 от 30.08.2021 года

Председатель комиссии

(ФИО, должность, подпись)

С.М. Аракелян

**ЛИСТ ПЕРЕУТВЕРЖДЕНИЯ
РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ ДИСЦИПЛИНЫ**

Рабочая программа одобрена на 20 22 / 20 23 учебный года

Протокол заседания кафедры № 1 от 30.08.2022 года

Заведующий кафедрой _____

С. И. Абрамкин

Рабочая программа одобрена на 20 ____ / 20 ____ учебный года

Протокол заседания кафедры № ____ от ____ года

Заведующий кафедрой _____

Рабочая программа одобрена на 20 ____ / 20 ____ учебный года

Протокол заседания кафедры № ____ от ____ года

Заведующий кафедрой _____