7 4

ГОУ ВПО «ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ

Кафедра Теоретической физики и нанотехнологий

УТВЕРЖДАЮ:
Проректор по научно-методической
и учебной работе
_____ Е.И. Скафа
«__21__» _____декабря_____2016 г.
МП

Рабочая программа учебной дисциплины

«НОВЫЕ МАГНИТНЫЕ, ОПТИЧЕСКИЕ И СВЕРХПРОВОДИМЫЕ НАНОМАТЕРИАЛЫ»

Направление подготовки: **03.04.02** Физика

Профиль подготовки: _____

Образовательный уровень выпускника: Магистр

Форма обучения: очная

Донецк 2016

УТВЕРЖДАЮ:

Декан физико-технического факультета

_____Малюк Н.Г.

«16» декабря_____2016 г.

Программа учебной дисциплины «Новые магнитные, оптические и сверхпроводящие наноматериалы» составлена на основе ГОС ВПО по направлению подготовки 03.04.02 «Физика» утверждённого приказом Министерства образования и науки ДНР «4» апреля 2016 г. №300» и «Положения об организации учебного процесса в образовательных организациях высшего профессионального образования Донецкой Народной Республики», утверждённого приказом Министерства образования и науки ДНР «30» октября 2015 г. №750.

Разработчик:

Д. ф.-м. н., профессор кафедры теоретической физики и нанотехнологий _____ Юрченко В.М.

К. ф.-м. н., доцент кафедры общей физики и дидактики физики _____ Малюк Н.Г.

Программа учебной дисциплины утверждена на заседании кафедры теоретической физики и нанотехнологий

Протокол № __8__ от "__12__" _декабря_____2016 г.

Зав. кафедры теоретической физики и нанотехнологий_____ Варюхин В.Н

Программа учебной дисциплины одобрена учебно-методической комиссией физико-технического факультета

Протокол № 4 от "__14__" __декабря_____ 2016 г.

Председатель учебно-методической комиссии факультета _____ Котенко В.Н.

1. Область применения и место дисциплины в учебном процессе:

Учебная дисциплина «Новые магнитные, оптические и сверхпроводящие наноматериалы» являются частью основной образовательной программы в соответствии с ГОС по направлению подготовки 03.04.02 «Физика». Учебная дисциплина «Новые магнитные, оптические и сверхпроводящие наноматериалы» относится к циклу вариативной части профессионального блока. Она состоит из двух содержательных модулей: 1. «Магнитные и оптические наноматериалы», 2. «Сверхпроводниковые наноматериалы». Основывается на базе дисциплин по направлению подготовки 03.03.02 «Физика»: «Общая физика и экспериментальная физика (Электричество и магнетизм)», «Физика твердого тела», «Основы нанотехнологий. Теория и методы получения наноматериалов», «Новые магнитные, оптические и полупроводниковые материалы».

2. Нормативные ссылки *(при необходимости)*

3. Структура дисциплины

Характеристика учебной дисциплины	очная форма обучения на базе		*заочная форма обучения на базе		
	ВПО	СПО (ускор.)	ОСО	СПО (ускор.)	ВПО (ускор.)
Образовательный уровень:	Магистр				
Направление подготовки (специальность)	***03.04.02 «Физика»***				
Профиль					
Количество содержательных модулей (тем)	***2(12)***				
Дисциплина базовой / вариативной части образовательной программы [1]	**Профессиональный блок,** Вариативная часть				
Формы контроля	модульный контроль и экзамен				
Показатели	очная форма обучения на базе		*заочная форма обучения на базе		
	ВПО	*СПО (ускор.)	ОСО	СПО (ускор.)	ВПО (ускор.)
Количество зачетных единиц (кредитов)	5				
Количество часов	180				
Год подготовки	1				
Семестр	2				
Количество часов					
- лекционных	28				
- практических, семинарских					
- лабораторных	14				
- самостоятельной работы	138				
в т.ч. индивидуальное задание					
Недельное количество часов, т.ч.	3				
аудиторных	3				

ОСО – общее среднее образование

СПО – среднее профессиональное образование

ВПО – высшее профессиональное образование

1- в соответствии с ООП (основной образовательной программой)

4. Описание дисциплины

Цели и задачи

Целью дисциплины «Новые магнитные, оптические и сверхпроводящие наноматериалы» является формирование знаний и физических представлений современной физики наносистем и наноматериалов; предоставление студентам необходимую для самостоятельной работы совокупность знаний в области новых наноматериалов; ознакомление студентов с современными проблемами физики наноматериалов.

Задача дисциплины «Новые магнитные, оптические и сверхпроводящие наноматериалы» предусматривает проработку студентами теоретических основ прослушанного лекционного материала, подготовку будущего специалиста к преподаванию полученных знаний ученикам средней школе или самостоятельной научной работы в области физики твердого тела.

Требования к результатам освоения дисциплины: Процесс изучения дисциплины направлен на формирование элементов следующих компетенций в соответствии с ГОС ВПО по данному направлению подготовки (профилю):

а) ***общекультурных (ОК):***

способностью использовать основы философских знаний для формирования мировоззренческой позиции (ОК-1);

способностью анализировать основные этапы и закономерности исторического развития общества для формирования гражданской позиции (ОК-2);

способностью работать в коллективе, толерантно воспринимая социальные, этнические, конфессиональные и культурные различия (ОК-6);

способностью к самоорганизации и самообразованию (ОК-7);

б) ***общепрофессиональных (ОПК):***

способностью использовать в профессиональной деятельности базовые знания фундаментальных разделов математики, создавать математические модели типовых профессиональных задач и интерпретировать полученные результаты с учетом границ применимости моделей (ОПК-2);

способностью использовать базовые теоретические знания фундаментальных разделов общей и теоретической физики для решения профессиональных задач (ОПК-3);

способностью понимать сущность и значение информации в развитии современного общества, осознавать опасность и угрозу, возникающие в этом процессе, соблюдать основные требования информационной безопасности (ОПК-4);

способностью использовать основные методы, способы и средства получения, хранения, переработки информации и навыки работы с компьютером как со средством управления информацией (ОПК-5);

в) профессиональных (ПК):

научно-исследовательская и проектная деятельность:

способностью использовать специализированные знания в области физики для освоения профильных физических дисциплин (ПК-1);

способностью проводить научные исследования в избранной области экспериментальных и (или) теоретических физических исследований с помощью современной приборной базы (в том числе сложного физического оборудования) и информационных технологий с учетом отечественного и зарубежного опыта (ПК-2);

научно-инновационная деятельность:

готовностью применять на практике профессиональные знания теории и методов физических исследований (ПК-3);

организационно-управленческая деятельность:

способностью понимать и использовать на практике теоретические основы

организации и планирования физических исследований (ПК-6);

В результате изучения учебной дисциплины студент должен:
знать: общие свойств магнитных наноматериалов; основные идеи и физические явления спиновой электроники; основные идеи и физику явлений фотоники и магноники; физическое происхождение эффектов близости в наноматериалах; свойства растворенных магнитных полупроводников; физику сверхпроводящего эффекта близости в S / N, S / F структурах; специфические свойства графена и мультиферроиков; основные свойства новых высокотемпературных сверхпроводников.
уметь: объяснить особенности свойств магнитных наноматериалов; формулировать идеи спиновой электроники; объяснить основные идеи фотоники и магноники; объяснить физическое происхождение эффектов близости в наноматериалах.
владеть: навыками свободного обращения с современными прикладными компьютерными программами для решения задач в области спинтроники, фотоники , магноники и др.

5. Содержание дисциплины и формы организации учебного процесса

№ п/п и тема	**Краткое содержание темы**
	Содержательный модуль 1. «Магнитные и оптические наноматериалы»
Тема 1.	Магнетизм и спинтроника. (Основные понятия магнетизма. Классификация природных магнитных структур. Диполь – дипольное, спин – орбитальное и обменное взаимодействия. Пара-, диа- и ферромагнетики; ферримагнетики. Виды взаимодействия в ферромагнетике. Доменные структуры магнетиков.). Магнетизм ансамбля наночастиц. Спиновый магнитный момент наночастиц. Динамика намагниченности в ферромагнитных структурах. Антиферромагнетизм. (Спин, магнитный момент и g – фактор электрона. Орбитальный и спиновый магнетизм оболочки многоэлектронных атомов. Правила Хунда.).
Тема 2.	Магнетики. Магноны. Взаимодействие магнонов. Спиновые волны в магнитных средах: ферромагнетиках, антиферромагнетиках и ферритах. Солитоны в магнетиках (нелинейные спиновые волны). Спинтроника. Магнитные фононные кристаллы. Гиротропные и негиротропные среды и метод эффективных упругих модулей в них. (Эффект отрицательной акустической рефракции. Поверхность волновых векторов. Акустические аналоги схем Отто и Кречманна. Магнитные полупроводники. Наномагниты.). Магнитные свойства изолированных наночастиц и нанокристаллических порошков.
Тема 3.	Оптоэлектроника и фотоника. Электромагнитное поле. Внутрикристаллическое поле. Метод действующего поля. (Отражение и преломление плоской волны. Элементы теории интерференции и дифракции.).
Тема 4.	Экситоны и поляритоны в кристалле. Экситонные поляритоны в атомарных криокристаллах. (Оптическая анизотропия кристаллов со структурой алмаза. Распространение экситонных поляритонов в полубесконечном атомарном криокристалле. Генерация экситонных поляритонов в алмазоподобных полупроводниках.).
Тема 5.	Плазмоника и фотоника. Виды плазмонов. Плазмонные состояния. Когерентность случайных процессов. Когерентные свойства оптического излучения. Временная и пространственная когерентность. Квантовые ямы, квантовые точки. Квантовые проволоки.
Тема 6	Фотонные кристаллы. Перемещение фотонов в кристаллах. Трансформация

	поляритонного спектра неидеальных топологически упорядоченных сверхрешеток. Оптические процессы в наноструктурах. Метаматериалы. Оптические свойства изолированных наночастиц и нанокристаллических порошков.
Тема 7	Оптоэлектронные приборы. Типы оптоэлектронных приборов. Излучательные переходы в полупроводниках. Светодиоды видимого диапазона и полупроводниковый лазер.
	Содержательный модуль 2. «Сверхпроводниковые наноматериалы»
Тема 1.	Сверхпроводники – основные экспериментальные факты. (Квантование магнитного потока. Эффект Мейснера – Оксенфельда. Критическое поле массивного сверхпроводника. Энтропия сверхпроводника и его теплоемкость. Свободная энергия. 1-ое и 2–ое уравнения Лондонов. Глубина проникновения магнитного поля.). Сверхпроводники 1-го и 2-го родов.
Тема 2.	Теория сверхпроводимости Гинзбурга – Ландау. (Плотность свободной энергии и градиентная инвариантность теории. Два характерных масштаба длины – длина когерентности и глубина проникновения. Эффект близости. Энергия границы раздела между нормальной и сверхпроводящей фазами. Андреевское отражение. Вихри Абрикосова. Пиннинг.).
Тема 3.	Основные положения микроскопической теории сверхпроводников. Фононное притяжение электронов. Куперовские пары. Спектр элементарных возбуждений сверхпроводника. Энергетическая щель и плотность состояний. Туннельные эффекты в сверхпроводниках.
Тема 4.	Сверхпроводники второго рода. Поле одиночного вихря и первое критическое поле. Взаимодействие вихрей. Второе критическое поле. Поверхностная сверхпроводимость. Третье критическое поле. Критический ток в сверхпроводниках. Критическое состояние.
Тема 5.	Туннельная спектроскопия квазичастичных возбуждений в металлах. Физическая сущность туннелирования. Флуктуационные эффекты – проводимость тонких пленок. Парамагноны. Спиновая поляризация электронов. Новые функциональные материалы. Мультиферроики. Карбин, графен и графан. Фуллерены и фуллериты. Углеродные нанотрубки. Полуметаллы.

Курс дисциплины «**<u>Новые магнитные, оптические и сверхпроводящие наноматериалы</u>**» предусматривает следующие **формы организации учебного процесса**:

1. лекции;
2. лабораторные занятия;
3. самостоятельная работа студента.

По источнику передачи и восприятия учебной информации используются словесные (лекция, беседа), наглядные (иллюстрация, демонстрация), практические (лабораторные занятия , исследования, упражнения) методы.

По характеру познавательной деятельности студентов используются объяснительно-иллюстративные и репродуктивные методы, проблемное преподавание, частично-поисковый и исследовательский методы.

В зависимости от основной дидактической цели и задач используются методы устного изложения знаний, закрепление учебного материала, самостоятельной работы студентов по осмыслению и усвоению нового материала, работы по применению знаний на практике и выработке умений и навыков, проверки и оценки знаний, умений и навыков.

Используются следующие методы контроля:

1. устный контроль (экспресс-опрос на лекциях);

2. защита лабораторных работ
3. проверка самостоятельных работ;
4. модульная контрольная работа (дидактическое тестирование);
5. итоговый тест (экзаменационные билеты).

Тематический план

Названия содержательных модулей и тем	Содержательный модуль 1 «Магнитные и оптические наноматериалы»																						
	Количество часов																						
	Очная форма						Заочная форма																
							на базе общего среднего образования						на базе среднего профессионального образования						на базе высшего профессионального образования				
	всего	в т.ч.					всего	в т.ч.					всего	в т.ч.					всего	в т.ч.			
		лекции	практические	лабораторные	самостоятельная работа	индивидуальная работа		лекции	практические	лабораторные	самостоятельная работа	индивидуальная работа		лекции	практические	лабораторные	самостоятельная работа	индивидуальная работа		лекции	практические	самостоятельная работа	индивидуальная работа
Тема 1.	12	2		1	9																		
Тема 2.	13	2		1	10																		
Тема 3.	13	2		1	10																		
Тема 4.	13	2		1	10																		
Тема 5.	13	2		1	10																		
Тема 6.	13	2		1	10																		
Тема 7	13	2		1	10																		
Итого по содержательному модулю 1.	90	14		7	69																		

	Содержательный модуль 2 «Сверхпроводниковые наноматериалы»																							
Названия содержательных модулей и тем	**Количество часов**																							
	Очная форма						**Заочная форма**																	
							на базе общего среднего образования						**на базе среднего профессионального образования**						**на базе высшего профессионального образования**					
	всего	в т.ч.					всего	в т.ч.					всего	в т.ч.					всего	в т.ч.				
		лекции	практические	лабораторные	самостоятельная работа	индивидуальная работа		лекции	практические	лабораторные	самостоятельная работа	индивидуальная работа		лекции	практические	лабораторные	самостоятельная работа	индивидуальная работа		лекции	практические	самостоятельная работа	индивидуальная работа
Тема 1.	19	3		1	15																			
Тема 2.	19	3		1	15																			
Тема 3.	16	3		1	12																			
Тема 4.	18	3		2	13																			
Тема 5.	18	2		2	14																			
Итого по содержательному модулю 2.	90	14		7	69																			
Всего по модулю	180	28		14	138																			

6. Темы семинарских занятий – не предусмотрено рабочим планом.

7. Темы практических занятий *не предусмотрено рабочим планом.*

8. Темы лабораторных занятий

Лаб. работа 1.	Распространение электромагнитных волн в неоднородных структурах. (Теор. раб.)
Лаб. работа 2.	Компьютерный эксперимент. Квантовые компьютеры. Экситоны и волны.
Лаб. работа 3.	Определение структурных параметры аморфных сплавов методом рентгеновского дифракционного анализа.
Лаб. работа 4.	Термическая устойчивость АМС на основе Al при непрерывном нагреве.
Лаб. работа 5.	Метод БЭТ: Измерение удельной поверхности и среднего размера частиц.
Лаб. работа 6.	Упругие модули кристаллов. Упругие модули керамики.

9. Самостоятельная работа

Самостоятельная работа студентов по курсу "Новые магнитные, оптические и сверхпроводящие наноматериалы" предусматривает:

• разработки теоретических основ прослушанного лекционного материала;

• изучение отдельных тем или вопросов, которые предусмотрены для самостоятельной работы;

• подготовку к практическим занятиям;

• самостоятельное решение задач;

• подготовку к модульному контролю.

Темы для самостоятельной работы:

1. Термодинамика магнитных явлений. Идеальные магнетики.
2. Магнето – термические и магнето – калориметрические соотношения.
3. Парамагнитные вещества. Классическая теория Ланжевена.
4. Магнитные свойства металлов. Парамагнетизм и диамагнетизм свободных электронов.
5. Характеристики технической кривой намагниченности.
6. Магнитострикция. Упругие напряжения и магнитострикция.
7. Кривые намагничивания. Два типа процессов намагничивания.
8. Магнитный гистерезис. Причины и типы гистерезиса.
9. Электронный и ядерный парамагнитный резонанс.
10. Ядерный гамма – резонанс. Эффект Мёссбауэра.
11. Геометрическая оптика. Принцип Гюйгенса – Френеля.
12. Теория дифракции Кирхгофа.
13. Поверхности волновых векторов.
14. Роль неэквивалентности немагнитных слоев.
15. Отражение и преломление электромагнитных волн на границе раздела двух сред.
16. Приближенные граничные условия М.А.Леонтовича.
17. Отражение волн на границе жидкости и твердого тела. Поверхностные волны.
18. Граница раздела жидкость – твердое тело. Основные уравнения и граничные условия.
19. Коэффициенты отражения и прозрачности для одного слоя.
20. Упругие волны в в твердых слоистых средах. Коэффициенты отражения и прозрачности.
21. Просветление оптики. Однослойное покрытие.
22. Интерференционные покрытия.

23. Открытие сверхпроводимости. Сверхпроводящие вещества.
24. Бесщелевая сверхпроводимость.
25. Жесткие сверхпроводники. Сверхпроводящие соленоиды.
26. высокие критические поля. Смешанное состояние.
27. Применение сверхпроводников.
28. Сверхтекучесть. Квантовая жидкость. Основные свойства. Двухжидкостная модель.
29. Энергетический спектр He-2. Сверхтекучесть He-2.
30. Квантовые кристаллы. Новые сверхтекучие системы.
31. Физика сверхпроводимости в других областях науки. Пульсары.

11. Контрольные вопросы к промежуточной аттестации

1. Что такое идеальные магнетики?
2. В чем смысл классической теории Ланжевена?
3. Парамагнетизм и диамагнетизм свободных электронов.
4. Основные характеристики технической кривой намагниченности.
5. Как связаны упругие напряжения и магнитострикция.
6. Магнитный гистерезис. Причины и типы гистерезиса.
7. Электронный и ядерный парамагнитный резонанс.
8. Поясните принцип Гюйгенса – Френеля.
9. Поясните физический смысл понятия поверхности волновых векторов.
10. Отражение и преломление электромагнитных волн на границе раздела двух сред.
11. Запишите на граница - жидкость – твердое тело основные уравнения и граничные условия.

12. Образец экзаменационного билета

ГОУ ВПО «ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Уровень образования – Магистр
Направление подготовки – 03.04.02 «Физика»
Семестр – 2
Учебная дисциплина – «Новые магнитные, оптические и сверхпроводящие наноматериалы»

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 1

1. Классификация природных магнитных структур. Пара-, диа- и ферромагнетики; ферримагнетики.
2. Экситоны и поляритоны в кристалле. Экситонные поляритоны в атомарных криокристаллах.
3. Теория сверхпроводимости Гинзбурга – Ландау. Два характерных масштаба длины – длина когерентности и глубина проникновения.

«Утверждено»
на заседании кафедры
протокол №___ от «__»_____ ___ г.

Заведующий кафедрой В.Н. Варюхин
Экзаменатор В.М. Юрченко

14. Критерии оценивания

Согласно модульному принципу организации учебного процесса содержание дисциплины «Новые магнитные, оптические и сверхпроводящие наноматериалы» включает в себя два зачётных модуля. Каждый зачётный модуль состоит из теоретического материала и практических задач, выполнение которых требует овладения теорией в указанном в модуле объёме.

Оценка знаний студентов проводится по 100-балльной шкале по следующим критериям:

Зачётные модули	Форма контроля	Баллы
Содержательный модуль 1	Блок лабораторных работ	10
	Самостоятельная работа	15
Содержательный модуль 2		
	Блок лабораторных работ	10
	Самостоятельная работа	15
Зачет		50
Общий итог		100

К первому промежуточному модульному контролю студент должен защитить 3 лабораторные работы. *За первую, вторую и третью* лабораторные работы студент может получить в сумме 10 баллов.

На первом промежуточном модульном контроле студент имеет возможность получить 15 баллов, ответив на вопросы из списка предложенных для самостоятельной работы.

Ко второму промежуточному модульному контролю студент должен защитить 4 лабораторные работы. За *четвёртую, пятую* и *шестую* лабораторные работы студент может получить по 10 баллов.

На втором промежуточном модульном контроле студент имеет возможность получить 15 баллов, ответив на вопросы из списка предложенных для самостоятельной работы.

На экзамене студент имеет возможность получить 50 баллов. Основой для получения оценки на экзамене является уровень овладения студентами материала курса «Новые магнитные, оптические и сверхпроводящие наноматериалы», предусмотренного учебным планом направления подготовки 03.04.02 Физика. Экзаменационный билет состоит из 3 вопросов. От студента требуется устное изложение ответов на них. Ответ на каждый из вопросов оценивается в 15 баллов. Дополнительные 5 баллов студент может получить решив практическое

(Разрабатываются и утверждаются кафедрой на основе Положения ДонНУ)

Оценка по 100-балльной шкале, которая действует в ДонНУ	**По шкале ECTS**	**Оценка по государственной шкале (экзамен, дифференцированный зачет. зачёт)**	**Определение**
90–100	A	«Отлично» (5) *(зачтено)*	отлично – отличное выполнение с незначительным количеством неточностей
80–89	B	«Хорошо» (4) *(зачтено)*	хорошо – в целом правильно выполненная работа с незначительным количеством ошибок (до 10%)
75–79	C		хорошо – в целом правильно выполненная работа с незначительным количеством ошибок (до 15%)
70–74	D	«Удовлетворительно» (3) *(зачтено)*	удовлетворительно – неплохо, но со значительным количеством недостатков
60–69	E		достаточно – выполнение удовлетворяет минимальные критерии
35–59	FX	«Неудовлетворительно» с возможностью повторной аттестации (2) *(не зачтено)*	неудовлетворительно – надо поработать над тем, как получить положительную оценку
0-34	F	«Неудовлетворительно» (2) *(не зачтено)*	неудовлетворительно - с возможностью повторной сдачи при условии обязательного набора дополнительных баллов

15. Материально-техническое обеспечение учебного процесса

Для проведения **лекционных занятий** используется **ауд. 0016** на группу, оборудованная интерактивной доской.

Для проведения **лабораторных занятий** используется **ауд. 304** «Компьютерный класс»**,** оснащенная ПЭВМ в количестве 10 шт., а также **ауд.0015** «Микро и наноструктуры», оснащенная Масс-спектрометром (МИ 1201АТ-01); электронным растровым микроскопом РЭМ-106 И; установкой для изучения оптических свойств тонких пленок (п/п диэлектриков) и ЭВМ для снятия и обработки данных

16. Рекомендованная литература

Основная

1. Агранович В.М., Гинзбург В.Л. Кристаллооптика с учетом пространственной дисперсии и теория экситонов. – М.: Наука, 1979. – 432с.
2. Пекар С.И. Кристаллооптика и добавочные световые волны. – К.: Наукова думка, 1982. – 296с.
3. Ярив А., Юх П. Оптические волны в кристаллах. – М.: Мир, 1987. – 616с.
4. Шабанов В.Ф., Ветров С.Я., Шабанов А.В. Оптика реальных фотонных кристаллов. Новосибирск: СО РАН, 2005, 240с.
5. Joannopoulos J.D., Johnson S.G., Winn J.N., Meade R.D. Photonic Crystals. Molding the Flow of Light / Second Edition. Princeton: Princeton University Press, 2008, 305p.
6. Киттель Ч. Введение в физику твердого тела. М., Наука, 1978. 792 стр.

7. Ашкрофт Н., Мермин Н. Физика твердого тела. М., Мир, 1979. т.1, 400стр., т.2. 424стр.
8. Уэрт У., Томсон Р. Физика твердого тела. М., Мир, 1969. 590 стр.
9. Абрикосов А.А. 1. Введение в теорию нормальных металлов. М., Наука, 1972. 288 стр.
2. Теория нормальных металлов.
10. Блатт Ф. Физика электронной проводимости в твердых телах. М., Мир, 1971. 472 стр.
11. Ансельм А.И Введение в теорию полупроводников. М., Наука. 1978.
12. Френкель Я.И. Введение в теорию металлов. Л., Наука, 1972. 424 стр.
13. Вонсовский СВ., Кацнельсон М.И. Квантовая физика твердого тела. М., Наука, 1983. 336 стр.
14. Бонч-Бруевич В.Л., Калашников С.Г. Физика полупроводников. М., Наука, 1977.
15. Займан Дж. Физика металлов. I. Электроны. М., Мир, 1972. 464 стр.
Займан Дж. Электроны и фононы. Теория явлений переноса в твердых телах. М., Изд-во ИЛ, 1962. 488стр.
16. Новиков И.И. Дефекты кристаллического строения металлов. М., Металлургия, 1983. 232 стр.
17. Гусев А.И. Наноматериалы, наноструктуры, нанотехнологии. М., Физматлит, 2005. 416 стр.

Дополнительная

1. Шмидт В.В. Введение в физику сверхпроводников. М., Наука, 1982. 240стр.
2. Де Жен П. Сверхпроводимость металлов и сплавов. М., Мир, 1968. 280 стр.
3. Линтон Э. Сверхпроводимость. М., Мир, 1971. 264 стр.
4. Гуляев А.П. Металловедение. М., Оборонгиз, 1948. 556 стр.
5. Грабский М.В. Структура границ зерен в металлах. М., Металлургия, 1972. 152 стр.
6. Кайбышев О.А., Валиев Р.З. Границы зерен и свойства металлов. М., Металлургия, 1987. 216 стр.
7. Бокштейн Б.С., Копецкий Ч.В., Швиндлерман Л.С. Термодинамика и кинетика границ зерен в металлах. М., Металлургия, 1986. 224 стр.
8. Мотт Н., Дэвис Э. Электронные процессы в некристаллических веществах. М., Мир, 1974. 472 стр.
9. Современная кристаллография. Т.3. Чернов А.А., Гиваргизов Е.И., Багдасаров Х.С., Кузнецов В.А., Демьянец Л.Н., Лобачев А.Н. Образование кристаллов. М., Наука, 1980. 408 стр.

17. Информационные ресурсы

18. Программное обеспечение (при наличии)

Рабочая программа рассмотрена и переутверждена на заседании кафедры теоретической физики и нанотехнологий с изменениями (без изменений) на 2017/18 год.
Протокол заседания кафедры №1 от 28 августа 2017г.

Зав.кафедрой ТФ и НТ В.Н.Варюхин

Рабочая программа рассмотрена и переутверждена на заседании кафедры теоретической физики и нанотехнологий с изменениями (без изменений) на 2018/19 год.
Протокол заседания кафедры № 1 от 20.08. 2018г.

Зав.кафедрой ТФ и НТ В.Н.Варюхин